



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
(AGROECOLOGIA)



ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, TROCAS GASOSAS E
PRODUÇÃO DE FAVA (*Phaseolus lunatus* L.) SUBMETIDA À
INOCULAÇÃO E A DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO

ELISÂNGELA DE FREITAS MARIANO

BANANEIRAS – PB

2019

ELISÂNGELA DE FREITAS MARIANO

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, TROCAS GASOSAS E
PRODUÇÃO DE FAVA (*Phaseolus lunatus* L.) SUBMETIDA À
INOCULAÇÃO E A DIFERENTES FONTES DE ADUBAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (Agroecologia) do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias (Agroecologia).

Área de concentração: Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável

Orientadora: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo

Comitê de orientação: Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz

George Rodrigo Beltrão da Cruz

Álvaro Carlos Gonçalves Neto

BANANEIRAS - PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M333a Mariano, Elisângela de Freitas.

Atributos químicos do solo, trocas gasosas e produção de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação / Elisângela de Freitas Mariano. - João Pessoa, 2019.

62 f.

Orientação: Raunira da Costa Araújo.

Coorientação: Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz, George Rodrigo Beltrão da Cruz, Álvaro Carlos Gonçalves Neto.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. *Phaseolus lunatus*. 2. Aminoácidos. 3. Inoculação. 4. Sustentabilidade. I. Araújo, Raunira da Costa. II. Diniz, Belísia Lúcia Moreira Toscano. III. Cruz, George Rodrigo Beltrão da. IV. Gonçalves Neto, Álvaro Carlos. V. Título.

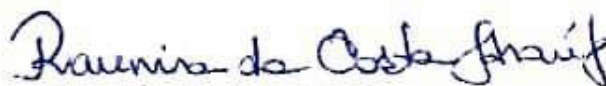
UFPB/CCHSA-BANANEIRAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS (AGROECOLOGIA)

*Atributos Químicos do Solo, Trocas Gasosas e Produção de Fava (Phaseolus Lunatus L.)
Submetida a Inoculação e a Diferentes Fontes de Adubação.*

Elisângela de Freitas Mariano

Dissertação apresentada à banca examinadora formada pelos seguintes especialistas.



Raunira da Costa Araujo
(orientadora/PPGCAG/UFPB)



Manoel Alexandre Diniz Neto
(membro-interno/UFPB/PPGCAG)



George Rodrigo Beltrão da Cruz
(membro-interno/UFPB/PPGCAG)



Renato Lemos dos Santos
(membro-externo/IFPE CVSA)

Aprovada em 28 de fevereiro de 2019.

Ex Semine Seges.

*Às minhas avós:
Edite Xavier Neto (In memoriam) e
Rita Pontes de Freitas (In memoriam).
Mulheres que dedicaram parte da vida ao
trabalho na agricultura e, provavelmente,
cultivaram fava em muitos ciclos agrícolas,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por toda graça e proteção.

A minha família: meu pai, Orlando Mariano Neto, minha mãe, Maria Rita de Freitas Mariano; a meu irmão Wellington de Freitas Mariano, minha irmã, Érica de Freitas Mariano; aos meus avós paternos, Mariano Francisco Neto (*In memoriam*) e Edite Xavier Neto (*In memoriam*) e aos meus avós maternos, João Avelino de Freitas e Rita Pontes de Freitas (*In memoriam*); a minha Tia e Madrinha, Gersa Edite Neto Barbosa, por todo amor, cuidado, atenção e ajuda prestada.

Ao meu amigo Tiago Edvaldo Santos Silva, por toda amizade e apoio durante a minha vida acadêmica.

Aos amigos da graduação Jeferson da Silva Lopes, Maria Sarah Cordeiro Vidal, Marli Gondim de Araújo, Janaina Nair da Silva e Maria José de Freitas, por todo incentivo.

Aos professores do Instituto Federal de Pernambuco - Campus Vitória de Santo Antão, Pablo Radamés, Gizelia Ferreira, Renato Santos e Denise Santana, por todas as formas de apoio e incentivo.

A Maria José (Meca), pela acolhida, assim que cheguei à Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e por toda forma de apoio durante o curso.

À professora e orientadora Raunira da Costa Araújo, pelas orientações acadêmicas e pessoais e por todas as suas formas de apoio.

A Maria Deusa, José Afonso Cordeiro, Joana D'Arck Neris, Jair Batista de Souza, Ivan Sérgio, André Carlos (Choi), pelo auxílio durante a condução do experimento.

Aos técnicos administrativos Welliton Magalhães, Luciano Raposo e Everton Oliveira, pelo apoio técnico nas atividades de campo, de laboratório e pelos ensinamentos.

Aos técnicos administrativos Tones Emanuel e João Alves, por toda forma de apoio junto a secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias Agroecologia (PPGCAG).

A todos os trabalhadores terceirizados e funcionários da UFPB, pelo auxílio nos trabalhos de campo, pelos ensinamentos e por cuidar tão bem da universidade.

A Thiago Souza, Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado do PPGCAG, pelo auxílio na análise estatística.

À professora Belísia Diniz, pelo auxílio na construção da dissertação para a defesa.

Aos professores Álvaro Carlos, Alex Barbosa e George Beltrão, pelos ensinamentos e apoio ao longo do curso.

Aos amigos (as) Wellington Estrela, Daniel Gomes, Francisca Tatiana, Jair Batista e Victor Herbert, pela amizade e apoio durante o curso.

À Embrapa Agrobiologia, na pessoa do pesquisador Dr. Jerri Zilli, pelo provimento do inoculante para o estudo.

Aos professores do PPGCAG, por todos os ensinamentos.

À banca avaliadora, pelas contribuições.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que fazem a UFPB.

Meus sinceros agradecimentos!

LISTA DE TABELAS

Título	Página
<hr/> Capítulo I <hr/>	
Tabela 1 - Valores médios de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento. Bananeiras - PB, 2018.	19
Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g _s), concentração interna de CO ₂ (C _i), eficiência instantânea de carboxilação (Φ _c), resistência estomática ao vapor de água (r _s), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e _s), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W _{leaf}), eficiência do uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) da fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.), em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras - PB, 2018.	23
Tabela 3 - Valores médios de taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g _s), concentração interna de CO ₂ (C _i), eficiência instantânea de carboxilação (Φ _c), resistência estomática ao vapor de água (r _s), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e _s), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W _{leaf}), eficiência do uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) da fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.) submetido a inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras -PB, 2018.	28
Tabela 4 - Resumo da análise de variância e médias das variáveis número de vagens por planta (NPV), massa da vagem com grão (MVG), comprimento de vagem (CV), número de grão por vagem (NGV), massa de grão por planta (MGP), massa de cem grão (MCG) e estimativa de produção (EP) da fava (<i>Phaseolus lunatus</i> L.), em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras - PB, 2018.	29

 Capítulo II

Tabela 1 - Valores médios de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento. Bananeiras - PB, 2018. 45

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), clorofila total (CT) da fava (*Phaseolus lunatus* L.), em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras – PB. 49

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para acidez do solo (pH), Fósforo assimilável (P), Potássio trocável (K^+), Sódio trocável (Na^+), Acidez potencial ($H^+ + Al^{+3}$), Acidez trocável (Al^{+3}), Cálcio trocável (Ca^{+2}), Magnésio trocável (Mg^{+2}), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentual de saturação por bases (v), Percentual de saturação por alumínio (m), Matéria orgânica (MOS), Carbono orgânico (CO) no solo da área experimental cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) Bananeiras – PB. 52

Tabela 4 - Valores médios de (pH), Fósforo assimilável (P), Potássio trocável (K^+), Sódio trocável (Na^+), Acidez potencial ($H^+ + Al^{+3}$), Acidez trocável (Al^{+3}), Cálcio trocável (Ca^{+2}), Magnésio trocável (Mg^{+2}), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentual de saturação por bases (v), Percentual de saturação por alumínio (m), Matéria orgânica (MOS), Carbono orgânico (CO) em solo cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) Bananeiras - PB. 57

LISTA DE FIGURAS

Título	Página
Capítulo I	
Figura 1 - Comprimento de vagens dos acessos de fava branca e rajada, em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras – PB, 2018.	31
Figura 2 - Massa de Cem Grãos dos acessos de fava branca e rajada, em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras - PB, 2018.	33

MARIANO, Elisângela de Freitas, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2018. **Atributos químicos do solo, trocas gasosas e produção de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação.** Orientadora: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

RESUMO: A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma espécie vegetal alimentícia de importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil. Entretanto, poucos estudos analisam seu comportamento em função de fontes nutricionais alternativas. Desse modo, objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos do solo a produção e as trocas gasosas da fava submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação. O experimento foi conduzido no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, no município de Bananeiras - PB. O delineamento experimental utilizado foi o do bloco casualizado com três repetições, em um arranjo fatorial 2 x 10, com dois genótipos de fava (Branca e Rajada) e dez tratamentos. As plantas foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha (T1), adubação mineral (T2), adubação orgânica (T3), inoculação (T4), bioestimulante (T5), inoculação + ½ da adubação mineral (T6), inoculação + adubação orgânica (T7), bioestimulante + inoculação (T8), bioestimulante + adubação mineral (T9) e bioestimulante + adubação orgânica (T10). No período do florescimento, foram analisadas as variáveis relativas as trocas gasosas. No período da colheita foram analisadas as variáveis de produção. Ao final do experimento foram coletadas amostras de solos para avaliação das propriedades químicas do solo cultivado com a fava rajada e a produção de biomassa associada. Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F. As plantas submetidas a fontes de nutrientes alternativas foram mais eficientes na WUE, na Wleaf e na E. O maior rendimento da fava foi obtido nas plantas submetidas à inoculação, à adubação orgânica, adubação mineral, a adubação mineral + inoculação e ao bioestimulante + adubação orgânica. A fava Rajada apresentou maior comprimento de vagem por planta e de massa de cem grãos. A adubação orgânica promoveu um acréscimo na biomassa da fava, ao mesmo tempo que promoveu incremento nos atributos químicos do solo através do P e do K. As fontes alternativas de adubação podem integrar o manejo nutricional da cultura da fava na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chaves: *Phaseolus lunatus*. Aminoácidos. Inoculação. Sustentabilidade.

MARIANO, Elisângela de Freitas, Federal University of Paraíba, February de 2018. **Chemical attributes of soil, gas exchange and bean production (*Phaseolus lunatus* L.) submitted to inoculation and to different sources of fertilization.** Advisor: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

ABSTRACT: The lima-bean (*Phaseolus lunatus* L.) is a food plant species of socioeconomic importance for the Northeast region of Brazil. However, few studies analyze its behavior according to alternative nutritional sources. Thus, the objective of this study was to evaluate the chemical attributes of the soil production and gas exchange of the bean subjected to inoculation and different sources of fertilization. The experiment was conducted at the Agriculture Sector of the Center for Social and Agrarian Human Sciences (CCHSA) of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, in the municipality of Bananeiras - PB. The experimental design was a randomized block with three replications, in a 2 x 10 factorial arrangement, with two bean genotypes (Branca and Rajada) and ten treatments. The plants were submitted to the following treatments: control (T1), mineral fertilization (T2), organic fertilization (T3), inoculation (T4), biostimulant (T5), inoculation + ½ of mineral fertilization (T6), inoculation + organic fertilization (T7), biostimulant + inoculation (T8), biostimulant + mineral fertilizer (T9) and biostimulant + organic fertilizer (T10). During the flowering period, the variables related to gas exchange were analyzed. During the harvest period the production variables were analyzed. At the end of the experiment soil samples were collected to evaluate the chemical properties of the soil cultivated with the squash bean and the associated biomass production. Data were subjected to analysis of variance at 5% probability by the F test. Plants submitted to alternative nutrient sources were more efficient in WUE, Wleaf and E. The highest yield of bean was obtained in plants subjected to inoculation. to organic fertilization, mineral fertilization, mineral fertilization + inoculation and biostimulant + organic fertilization. The Rajada bean presented greater pod length per plant and a mass of one hundred grains. Organic fertilization promoted an increase in fava bean biomass, while promoting an increase in the chemical attributes of the soil through P and K. Alternative sources of fertilization may integrate the nutritional management of fava bean culture in the Northeast region of Brazil.

Keywords: *Phaseolus lunatus*. Amino Acids. Inoculation. Sustainability.

SUMÁRIO

ARTIGO I	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT	14
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
3.1 Trocas gasosas	23
3.2 Produção	29
4. CONCLUSÕES.....	35
5. REFERÊNCIAS	36
ARTIGO II.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAL E MÉTODOS	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
3.1 Produção de biomassa	49
3.4 Propriedades químicas do solo	52
4. CONCLUSÕES.....	58
5. REFERÊNCIAS	59

ARTIGO I

MARIANO, Elisângela de Freitas, Universidade Federal da Paraíba, fevereiro de 2018.
Trocas gasosas e produção de fava submetida à inoculação e a diferentes fontes de adubação. Orientadora: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

RESUMO

A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma espécie vegetal alimentícia de importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil. Entretanto, poucos estudos analisam seu comportamento em função de fontes nutricionais alternativas. Desse modo, objetivou-se com este estudo avaliar a produção e as trocas gasosas de dois acessos de fava submetidos à inoculação e a diferentes fontes de adubação. O experimento foi conduzido no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, no município de Bananeiras - PB. O delineamento experimental utilizado foi o do bloco casualizado com três repetições, em um arranjo fatorial 2 x 10, com dois genótipos de fava (Branca e Rajada) e dez tratamentos. As plantas foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha (T1), adubação mineral (T2), adubação orgânica (T3), inoculação (T4), bioestimulante (T5), inoculação + $\frac{1}{2}$ da adubação mineral (T6), inoculação + adubação orgânica (T7), bioestimulante + inoculação (T8), bioestimulante + adubação mineral (T9) e bioestimulante + adubação orgânica (T10). No período do florescimento, foram analisadas as seguintes variáveis: concentração intercelular de CO₂ (C_i), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), eficiência do uso da água (WUE), eficiência instantânea de carboxilação (ϕ_c), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s) e resistência estomática ao vapor de água (r_s). Para as variáveis de produção, foram analisadas: número de vagens por planta (NPV), comprimento de vagem (CV), número de grão por vagem (NGV), massa de grão por planta (MGP), massa de cem grão (MCG) e estimativa de produção (EP). Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F. As plantas submetidas a fontes de nutrientes alternativas foram mais eficientes na WUE, na W_{leaf} e na E. O maior rendimento da fava foi obtido nas plantas submetidas à inoculação, à adubação orgânica, adubação mineral, a adubação mineral + inoculação e ao bioestimulante + adubação orgânica. A fava Rajada apresentou maior comprimento de vagem por planta e de massa de cem grãos. As fontes alternativas de adubação podem integrar o manejo nutricional da cultura da fava na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chaves: *Phaseolus lunatus*. Aminoácidos. Inoculação.

MARIANO, Elisângela de Freitas, Federal University of Paraíba, February de 2018. **Gaseous exchanges and production of fava (*Phaseolus lunatus* L.) submitted to inoculation and to different sources of fertilization.** Advisor: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

ABSTRACT

The lima-bean (*Phaseolus lunatus* L.) is a plant species of socioeconomic importance for the Northeast region of Brazil. However, few studies analyze its behavior according to alternative nutritional sources. Thus, the objective of this study was to evaluate the production and gas exchange of two fava accessions submitted to inoculation and different sources of fertilization. The experiment was conducted at the Agriculture Sector of the Center for Social and Agrarian Human Sciences (CCHSA) of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, in Bananeiras - PB. The experimental design was a randomized block with three replications, in a 2 x 10 factorial arrangement, with two bean genotypes (Branca and Rajada) and ten treatments. The plants were submitted to the following treatments: control (T1), mineral fertilization (T2) organic fertilization (T3), inoculation (T4), biostimulant (T5), inoculation + ½ of mineral fertilization (T6), inoculation + organic fertilization (T7), inoculation + biostimulant (T8), mineral fertilizer + biostimulant (T9), organic fertilizer + biostimulant (T10). During flowering the following variables were analyzed: intercellular CO₂ concentration (C_i), transpiration rate (E), stomatal conductance (g_s), net CO₂ assimilation rate (A), water use efficiency (WUE), instantaneous carboxylation efficiency (φ_c), leaf temperature saturated water vapor concentration (W_{leaf}), leaf surface temperature saturated vapor pressure (e_s), stomatal resistance to water vapor (r_s). For the production variables were analyzed: number of pods per plant (NPV), pod length (CV), number of beans per pod (NGV), grain mass per plant (MGP), one hundred grain mass (MCG) and production estimate (EP). Data were subjected to analysis of variance at 5% probability by the F test. Plants submitted to alternative nutrient sources were more efficient in WUE, W_{leaf} and E. The highest bean yield was obtained in plants subjected to inoculation, organic fertilizer, mineral fertilizer, mineral fertilizer +inoculation and biostimulant +organic fertilizer. The Rajada bean presented greater pod length per plant and a mass of one hundred grains. Alternative sources of fertilization may integrate the nutritional management of bean crop in the Northeast region of Brazil.

Keywords: *Phaseolus lunatus*. Amino Acids. Inoculation.

1. INTRODUÇÃO

A fava (*Phaseolus lunatus* L.) é uma dicotiledônea pertencente à família Fabacea. Trata-se de uma planta com metabolismo C3. Apresenta germinação epígea, hábito de crescimento determinado ou indeterminado, ciclo anual, bianual ou perene (BEYRA & ARTILES, 2004). Foi domesticada nas Américas e estudos realizados por Salgado *et al.* (1995) sugerem a ocorrência de dois *pools* genéticos: o mesoamericano, com sementes pequenas e tipos selvagens distribuídos no México, América Central e parte oriental dos Andes, e o centro andino, com grandes sementes e tipos selvagens, distribuído no ocidental do Andes, no Equador e norte do Peru.

A fava tem sido cultivada nas Américas do Norte e do Sul, na Europa, no Leste e Oeste da África e no Sudeste da Ásia (OLIVEIRA, TORRES & BEBEDITO, 2011). No Brasil, a cultura ocupa todo o território nacional, no entanto, é na região Nordeste do país que se encontra concentrada a maior área cultivada, representando 98,4% da área nacional plantada (IBGE, 2017). Ainda segundo o IBGE (2017), os principais estados produtores dessa região são: Ceará, Paraíba, Piauí, Pernambuco e Rio Grande do Norte, com área plantada de 9.037, 8.615, 2.211, 1.882, 1.488 ha e uma produção de 3.596, 3.352, 801, 606, 419 t ha⁻¹, respectivamente.

A expressividade em área cultivada e produção da fava na região Nordeste do Brasil é decorrente de sua capacidade adaptativa ao clima semiárido, que permite a exploração em uma amplitude maior de tipos climáticos e tipos de solo, sendo cultivada em áreas, nas quais não é possível o cultivo do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (BARREIRO NETO *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2018). Devido a essas características, a fava tem relevância social e econômica para a região Nordeste, representando uma alternativa para a segurança alimentar e nutricional desse espaço.

Mesmo diante da importância da cultura da fava para o Nordeste, alguns estudos apontam a ocorrência de baixa produtividade associada à cultura, fato esse atribuído a alguns aspectos, como a escassez de tecnologias nos cultivos (SANTOS *et al.*, 2002; FRAZÃO *et al.*, 2004), a ausência de estratégias de manejo da fertilidade do solo e da nutrição de plantas. O manejo nutricional das culturas representa um dos principais

fatores da produção agrícola, estando relacionado ao aumento da produtividade e da rentabilidade da produção (LINHARES *et al.*, 2016), permitindo um maior aproveitamento do potencial genético das plantas cultivadas.

Um experimento realizado por Oliveira *et al.*, (2004), testando doses de fósforo (P_2O_5) na cultura da fava, estimou uma produção variável entre 2,7 e 5,2 t ha⁻¹, valor acima da média da produção nacional que varia em torno de 0,4 t ha⁻¹ (IBGE, 2017). No entanto, o uso de fertilizantes minerais sintetizados pode implicar negativamente, a longo prazo, nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além de envolver custo energético elevado em sua produção. Segundo Grohskopf (2017), o desenvolvimento e inovação em novos insumos para a adubação dos solos é estratégico para agricultura brasileira, uma vez que 75% dos fertilizantes consumidos no país são importados conforme a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2016). Diante desse cenário, o país se coloca em uma relação de dependência, fragilizando o desenvolvimento das atividades agrícolas.

Fontes alternativas de nutrientes podem ser um caminho para o manejo sustentável das culturas. Além dos benefícios aos atributos biológicos, químicos e físicos do solo, proporcionados pela adubação orgânica, um estudo realizado por Carvalho (2012) com a fava constatou um decréscimo no número de dias para o início do florescimento, a partir do incremento nas doses de esterco caprino, sendo observado o florescimento mais precoce na dose equivalente a 40 t ha⁻¹. Esse mesmo autor, ainda, constatou o aumento linear no rendimento dos grãos a partir do uso de esterco caprino associado à adubação mineral ou mesmo à sua ausência. Este estudo aponta uma relação entre qualidade do solo e produção vegetal, demonstrando os efeitos benéficos da adubação orgânica no sistema solo-planta.

Espécies da família *Fabaceae* são conhecidas pela capacidade de fixar nitrogênio, a partir da interação simbiótica com bactérias do gênero *Azorhizobium*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Photorhizobium* e *Sinorhizobium* (RAVEN, EVERT & EICHHORN, 2016). A fava, por sua vez, se beneficia dessa interação a partir de rizóbios nativos, como pode ser constatado por Nascimento (2014), bem como do uso de rizóbio específico para a cultura do *P. vulgaris*, como demonstra Antunes *et al.* (2011). Todavia, ainda são incipientes os estudos sobre a inoculação de sementes de fava e os ganhos produtivos associados a essa prática em condições de campo, havendo, dessa forma, a necessidade de estudos que descrevam os efeitos da inoculação em parâmetros fisiológicos e na produção de grãos.

O uso de fitorreguladores para otimização da produção, em diversas culturas, tem crescido nos últimos anos (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Dentre a gama de produtos que podem ser adotados como uma possibilidade para a nutrição mineral de plantas, destacam-se os insumos à base de aminoácidos. Estes metabólitos primários atuam na absorção e transporte de nutrientes minerais através da membrana celular (CASTRO, 2009). Outras de suas funções nas plantas estão relacionadas a: composição de proteínas, serem precursores de hormônios vegetais, quelantes de nutrientes e agroquímicos, promoverem maior resistência ao estresse hídrico, altas temperaturas e ataque de pragas e doenças (LAMBAIS, 2011).

Na cultura da soja, o uso de bioestimulante proporcionou o incremento no número de vagens por planta e produtividade de grãos tanto em aplicação via sementes quanto via foliar (BERTOLIN *et al.*, 2010). Já outros autores, como Silva *et al.* (2016), estudando um bioestimulante a base de fitormônios, macronutrientes e micronutrientes, na cultura do *P. vulgaris*, observaram efeito positivo na formação de biomassa verde, o que não ocorreu para variáveis de produção. Para a cultura da fava, poucas evidências científicas demonstram o efeito de fontes nutricionais alternativas, havendo a necessidade de estudos que descrevam a viabilidade desses produtos para a cultura.

O estudo sobre a captura de CO₂ pelas plantas é capaz de informar sobre a fotossíntese líquida (LARCHER, 2000). As maiores taxas de absorção de CO₂ têm implicações diretas no crescimento, desenvolvimento e produção vegetal. A eficiência fotossintética pode ser influenciada por fatores ambientais, a exemplo da luz, temperatura, concentração de CO₂, disponibilidade de água e nutrientes (TAIZ *et al.*, 2017). Santos (2016), ao estudar trocas gasosas na cultura do feijão Gurgutuba (*Phaseolus vulgaris* L.), sob diferentes fontes de nutrientes, constatou a maior concentração interna de CO₂ e transpiração foliar na presença da adubação mineral e aumento da fotossíntese líquida sob o uso da adubação mineral e o composto orgânico caprino + adubação foliar. Estes resultados demonstram o efeito da adubação nos parâmetros fotossintéticos para a cultura do *P. vulgaris*. Para a cultura da fava, poucos estudos elucidam os parâmetros fisiológicos, especialmente em resposta a fontes de adubação, demandando uma necessidade da abordagem científica para uma maior compreensão desse componente do metabolismo vegetal para a fava.

Dentre os fatores que implicam no rendimento final de espécies do gênero *Phaseolus*, podem ser elencados: o número de vagens por unidade de área, o número de grãos por vagem e a massa de grãos (ZÍLIO *et al.*, 2011). Para a cultura da fava, Alves

(2006), obteve uma formação de 41 e 38 vagens por planta, utilizando esterco bovino. Ao testar MB-4[®], em dois acessos de fava, Pereira Filho (2016) verificou de 34,4 vagens por planta na dose máxima. O número de grãos por planta parece ser pouco influenciado pelas adubações, como demonstrou Carvalho (2012), testando adubação orgânica e mineral na cultivar Moita e não observando diferença estatística no NVG. A média encontrada por este autor foi 2,4.

Também não foi verificada alteração no NGV, por Oliveira, Torres e Bebedito (2011), ao estudar o comportamento de 8 acessos de fava. Guimarães *et al.* (2007), ao estudar 14 acessos de fava, observou uma variação de 2 a 6 grão por vagem. Em relação à massa de cem grãos, Melo (2005) e Guimarães (2007) encontraram variação de 30,96 a 82,29 g e 15,00 e 88,89 g, respectivamente. Carvalho (2012), obteve uma produção de 36,7 g para a cultivar Moita. Para a produção, por unidade de área, Oliveira, Torres e Bebedito (2011) e Santos *et al.* (2002), obtiveram uma variação 0,293 a 0,852 t ha⁻¹ e 319,96 a 809,87 kg ha⁻¹, respectivamente, sob adubação equilibrada. Já Alves (2008), obteve produtividade de 3,5 t ha⁻¹, a partir do uso de esterco bovino na presença de NPK. De maneira similar, Carvalho (2012) obteve uma produtividade de 3 t ha⁻¹, a partir do uso de esterco caprino

Estes estudos demonstram que a cultura da fava é capaz de responder aos fatores ambientais, dentre eles a adubação. Entretanto, a compreensão do comportamento de diferentes fontes nutricionais, nas variáveis fisiológicas e de produção, é essencial para manejo da cultura da fava e em relação à melhoria das repostas dos caracteres de interesse agrônômicos da cultura. Diante do exposto, objetivou-se, com este estudo, avaliar a produção e trocas gasosas em dois acessos de fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetidos à inoculação e a diferentes fontes de adubação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo aberto, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, localizado no município de Bananeiras – PB, entre 01 de junho a 21 novembro de 2018. O clima da região é o As' (tropical chuvoso), quente e úmido, da classificação de Köppen, e se caracteriza por temperatura máxima de 27,8 °C e mínima de 18,8 °C, com chuvas de outono-inverno (concentradas de março a julho) e precipitação pluviométrica anual de 1187,9 mm (BRASIL, 2019).

Este estudo foi conduzido em sistema de sequeiro. As médias de temperatura e de precipitação pluviométrica, durante a realização do trabalho, podem ser observadas na Tabela 1. Os dados foram obtidos na estação meteorológica da UFPB/CCHSA, Campus III.

Tabela 1- Valores médios de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento de 2018. Bananeiras - PB, 2018.

Meses	Temperatura do ar (° C)			Precipitação Pluviométrica	UR
	Mínima	Média	Máxima	Mm	(%)
Junho	20,73	24,95	29,16	94,6	85,55
Julho	20,23	23,81	27,4	74,4	89,89
Agosto	19,77	23,89	28	25,4	81,55
Setembro	20,43	24,33	28,23	19,6	81,23
Outubro	21,47	25,3	29,12	12	82,08
Novembro	22,01	25,23	28,45	15,8	79,5

UR: Umidade Relativa do Ar. Fonte: Setor de Agricultura da UFPB/CCHSA

A área encontrava-se em pousio há sete meses, sendo cultivada anteriormente com milho. O solo da área é classificado como um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), de textura franco-argilo-arenoso. As análises para a caracterização química do solo foram realizadas no Instituto Pernambucano de Pesquisa Agropecuária (IPA) conforme a metodologia proposta pela Embrapa (2017). Os resultados indicaram: pH (H₂O) = 5,7; matéria orgânica = 27,23 g kg⁻¹; carbono orgânico:

15,79 g kg⁻¹; P = 7 mg dm⁻³; Ca = 1,4 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 0,05 cmol_c dm⁻³; K = 0,05 cmol_c dm⁻³; Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; H = 5,42 cmol_c dm⁻³; CTC: 8,3 cmol_c dm⁻³; SB= 2,8 cmol_c dm⁻³; v = 33,74%.

Os tratamentos foram distribuídos na área experimental em delineamento em blocos casualizados, em arranjo fatorial 2 x 10, com três repetições. Os dois acessos de fava (Branca e Rajada) foram submetidos aos seguintes tratamentos: testemunha (T1), adubação mineral (T2), adubação orgânica (T3), inoculação (T4), bioestimulante (T5), inoculação e ½ da adubação mineral (T6), inoculação + adubação orgânica (T7), bioestimulante + inoculação (T8), bioestimulante + adubação mineral (T9), e bioestimulante + adubação orgânica (T10).

A adubação mineral foi realizada conforme a recomendação para a cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), proposta pelo Manual de Recomendação de Adubação do estado de Pernambuco (IPA, 2008). No plantio foram aplicados 44,4 kg ha⁻¹ de ureia, 113 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 113 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. A aplicação do adubo mineral foi realizada quatro dias antes da semeadura. O nitrogênio foi parcelado. Desse modo, foi realizada uma aplicação anterior à semeadura e uma aplicação de cobertura, aos 30 dias após o plantio.

A adubação orgânica consistiu no esterco caprino, à base seca, sendo aplicado 15 t ha⁻¹ (SANTOS, 2016). Os resultados da análise química do esterco caprino indicaram: pH (H₂O) = 8,13; matéria orgânica = 134,28 g kg⁻¹; carbono orgânico: 77,89 g kg⁻¹; P = 14,96 mg dm⁻³; Ca = 1,2 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; Na = 5,59 cmol_c dm⁻³; K = 0,55 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³; H = 2,81 cmol_c dm⁻³; CTC: 12,35 cmol_c dm⁻³. SB= 9,54 cmol_c dm⁻³ e v = 77,24%

A inoculação das sementes foi realizada à sombra e a semeadura foi efetuada no mesmo dia, a partir do inoculante *Rhizobium Tropic* BR322 SEMIA4077, obtido na Embrapa Agrobiologia. Para melhor aderência do inoculante turfoso, as sementes foram umedecidas com água açucarada a 10 %, conforme a recomendação da Embrapa.

O bioestimulante utilizado trata-se de um produto comercial cedido pela empresa DaVida Group, aplicado, semanalmente, na dose de 6 mL para um volume de 10 litros de litros de água até a pré-floração. A partir do período da emissão dos botões florais, foram aplicados 9 mL do produto para 10 litros de água, com uma bomba costal com bico tipo meia lua. A composição do bioestimulante, em g/100 mL, é de: Aminoácidos livres 7,0% m/m, Nitrogênio total 1,8% m/m, Nitrogênio orgânico 1,8% m/m, Acido Aspártico 1,6% m/m, Arginina 2,4% m/m, Glicina 2,5% m/m, Tryptofano 0,5% m/m, Cadmio < 0,5 mg/L,

Níquel < 1,0 mg/L, Chumbo < 1,0 mg/L, Mercúrio < 0,1 mg/L, Cromo < 3,0 mg/L, Zinco < 200 mg/L e Água c.s.p.

Antes da semeadura, realizou-se uma aração, seguida de duas gradagens e abertura dos sulcos de plantio. Foi utilizado o espaçamento de 0,5 m x 1 m, com 3 fileiras de 5 m de comprimento em cada parcela, considerando-se a fileira central como parcela útil. Em cada berço, foram semeadas duas sementes de fava. Aos vinte dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando uma planta por berço. As plantas espontâneas foram controladas por capinas manuais até o período de florescimento. As plantas foram tutoradas com o auxílio de varas. Para o controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), foram realizadas aplicações, nas primeiras quatro semanas, de calda de alho e cebola, sendo utilizado 350 g de cebola e 20 g de dentes de alho. Estes foram triturados e imersos em 5 litros de água, conforme ficha técnica proposta pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para prevenir o ataque do oídio (*Erysiphe* spp), foram realizadas duas aplicações de calda de leite, na seguinte proporção: 95% de água para 5% de leite de vaca (BETTIO, 2004). No período que antecedeu o florescimento foi realizada a aplicação suplementar, em todos os tratamentos, do adubo foliar Niphocan, na dose de 50 mL para o volume 10 litros de água.

As variáveis analisadas para as trocas gasosas foram: concentração intercelular de CO₂ (C_i), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), eficiência do uso da água (WUE), eficiência instantânea de carboxilação (φ_c), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s), e resistência estomática ao vapor de água (r_s). As trocas gasosas foram avaliadas no período entre a floração e a formação de vagens, usando um analisador de gás infravermelho (Infrared Gas Analyzer – IRGA), modelo LCPro + Portable Photosynthesis System® (ADC Bio Scientific Limited, UK). As coletas foram realizadas entre 9h00 e 11h00 da manhã, considerando-se o folíolo central de folhas intermediárias totalmente expandidas.

Para as variáveis de produção, foram analisados: número de vagens por planta (NVP), obtido a partir da média de número de vagens produzidas por seis plantas da parcela útil; Massa da Vagens com Grão (MVG), obtida a partir da média da massa de sementes produzidas por seis plantas da parcela útil; Comprimento da vagem (CV), obtido a partir da medição de 25 vagens por tratamento, com o auxílio de um paquímetro; número de grão por vagem (NGV), obtido a partir da contagem dos grãos de 25 vagens por tratamento; massa de grão por planta (MGP), obtida a partir da média da massa de

grãos produzidas por seis plantas da parcela útil; massa de cem grãos (MCG), obtida com o auxílio de balança semianalítica e estimativa de produção de grãos (EP), obtida a partir da média da massa de grãos produzidas por seis plantas da parcela útil e estimada para um hectare.

Os dados foram analisados para homogeneidade de variância teste de Levene e a normalidade por *Kolmogorov-Smirnov*, havendo a necessidade de transformação de dados das variáveis A, ϕ_c e g_s , NVP, MGP e EP, a partir da seguinte equação $\sqrt{x + 0,5}$. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. As médias significativas foram avaliadas pelo teste de Scott Knott.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Trocas gasosas

Conforme a Tabela 2, não foi observado efeito de interação entre os acessos de fava e as diferentes fontes de nutrientes ($p < 0,05$) para as variáveis referentes às trocas gasosas. Entretanto, foi verificado efeito isolado do fator tratamento para as variáveis seguintes: eficiência do uso da água (WUE), concentração do vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}) e pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s) ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência instantânea de carboxilação (ϕ_c), resistência estomática ao vapor de água (r_s), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}), eficiência do uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) da fava (*Phaseolus lunatus* L.), em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras - PB, 2018.

Fator	Quadrados médios				
	A	E	g_s	C_i	ϕ_c
Bloco	0,501123*	1,132839*	0,004705*	377,155556*	0,000100*
V	0,004138 ^{ns}	7,407407 ^{ns}	0,000001 ^{ns}	43,918519 ^{ns}	0,000004 ^{ns}
A	0,161865 ^{ns}	0,168264 ^{ns}	0,000735 ^{ns}	213,2765437 ^{ns}	0,000055 ^{ns}
V x A	0,111773 ^{ns}	0,091615 ^{ns}	0,000427 ^{ns}	150,544033 ^{ns}	0,000039 ^{ns}
Resíduo	0,090909	0,098946	0,000486	111,625341	0,000028
CV (%)	8,1	13,88	2,01	4,47	0,51
Fator	Quadrados médios				
	r_s	WUE	iWUE	e_s	W_{leaf}
Bloco	0,090518*	4,255593*	10,7043*	0,118984*	1,3264e-07*
V	0,000079 ^{ns}	0,094509 ^{ns}	0,0433 ^{ns}	0,006716 ^{ns}	7,5820e-09 ^{ns}
A	0,016119 ^{ns}	1,197798*	2,3037 ^{ns}	0,055436*	6,2219e-08*
V x A	0,010182 ^{ns}	0,768992 ^{ns}	1,7529 ^{ns}	0,009913 ^{ns}	1,1252e-08 ^{ns}
Resíduo	0,010521	0,544905	1,5638	0,021800	2,4386e-08
CV (%)	14,56	12,83	10,79	4,48	5,64

CV: coeficiente de variação; ns e *, respectivamente, não significativos e significativo a $p < 0,05$.

As maiores médias de eficiência do uso da água (WUE) foram observadas nas plantas que receberam o bioestimulante, a inoculação + a adubação mineral e a adubação orgânica ($p < 0,05$) (Tabela 2). Santos (2016), ao estudar diferentes fontes de adubação, na cultura do feijão Gurgutuba, observou maior WUE, a partir do uso do esterco bovino. De maneira contrária, o incremento da adubação à base de NPK, composto caprino e composto bovino promoveram as menores médias. Segundo a autora, estas variações podem estar associadas aos benefícios promovidos pela adubação orgânica no solo, atuando na retenção de água e no controle da temperatura do solo. A adubação mineral + a inoculação pode ter favorecido a atividade microbiana no solo e, dessa forma, influenciado positivamente na WUE. Em relação ao bioestimulante, além de atuar como precursores de proteínas, os aminoácidos são responsáveis pelo transporte e armazenamento de nitrogênio, em decorrência da sua estabilidade e a elevada relação C/N (TAIZ & ZEIGER, 2004), funcionando também como uma reserva de N para a planta. O N pode ter efeito positivo na WUE pelas culturas, como demonstrou Chaves *et al.* (2011) e Nobre *et al.* (2014), ao estudarem a cultura mamona sob níveis de adubação nitrogenada. Entretanto, a resposta dessa variável fotossintética não influenciou positivamente nos componentes produtivos da fava (Tabela 4). Tavares Sobrinho (2001), estudando o comportamento de plantas em resposta ao nitrogênio observou um decréscimo da produção no feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Segundo Malavolta (1980), o excesso de nitrogênio provoca aumento na duração do estágio vegetativo e consequente queda na produção.

A pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s) e a concentração do vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}), foram influenciadas pelo bioestimulante, pela inoculação + a adubação mineral, pela a adubação orgânica e pela inoculação + a adubação orgânica ($p < 0,05$) (Tabela 3). A variável e_s relaciona a pressão do vapor de água e a temperatura foliar, estas adubações promoveram um o aumento da pressão de vapor de água que pode implicar na diminuição da transpiração foliar, como sugere Castro *et al.* (2009) quanto maior a pressão de vapor de água menor perda de água por difusão. A variável W_{leaf} relaciona a quantidade de vapor de água sob determinada temperatura. As maiores concentrações de vapor de água indicam menores perda de água pelas plantas, reiterando, dessa forma, os efeitos positivos das adubações que promovem melhorias nos atributos biológicos, químicos e físicos do solo.

Não foi verificado efeito significativo para as variáveis transpiração foliar (E), taxa fotossintética (A), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência instantânea de carboxilação (φ_c), condutância estomática (g_s), resistência estomática ao vapor de água (r_s) e eficiência intrínseca do uso da água (iWUE).

Possivelmente, esse fato tenha ocorrido em função da época em que o experimento foi conduzido, ou pela limitação hídrica, que pode ter afetado a atividade fotossintética. As taxas fotossintéticas parecem ser afetadas pelo estresse hídrico, como demonstrou Alvino (2012), ao estudar o comportamento fisiológico da fava, sob diferentes métodos de captação de água, tendo constatado maiores médias nas plantas cultivadas sob camalhões, demonstrando maior atividade fotossintética associada ao solo mais úmido. Segundo Larcher (2000), a deficiência hídrica afeta o aparato estomático, reduzindo as trocas de CO₂ e com implicações negativas no transporte eletrônico e à fosforilação oxidativa. Entretanto, as trocas gasosas são dinâmicas e estão sob influência de um conjunto de fatores ambientais. Segundo Taiz e Zeiger (2009), ao longo do dia, pode ocorrer um desbalanço entre a absorção de água pelo sistema radicular e a água transpirada pelas folhas, que independe do regime hídrico. Segundo esses autores, trata-se de um processo natural e varia de acordo com a demanda evaporativa da atmosfera.

As médias de E, encontradas neste estudo, não foram superiores a 2,226 mol H₂O m⁻² s⁻¹. Santos (2016), estudando trocas gasosas na cultura do feijão Gurgutuba, em condições de campo aberto, observou uma média de 3,81 mol H₂O m⁻² s⁻¹ para E. As menores médias encontradas neste trabalho podem ser associadas à limitação hídrica durante o período de condução do experimento. Quando a água do solo é menos abundante, os estômatos abrem menos ou, até mesmo, permanecerão fechados, como uma estratégia adotada para diminuir a transpiração e as consequentes perdas de água (TAIZ *et al.*, 2017). Essa medida otimiza o uso da água pela planta, no entanto, tem implicações no crescimento e desenvolvimento vegetal, em decorrência da diminuição da captura do CO₂. Souza *et al.* (2018), ao estudar trocas gasosas em genótipos de fava, sob solo compactado, em ambiente controlado, observaram que as taxas de E, para o genótipo Roxinha, diminuiu 1,56 mol H₂O m⁻² s⁻¹ em cada aumento na densidade do solo, sugerindo que, sob condições de estresse, a fava tende a diminuir a taxa transpiratória.

Em relação a A, o valor médio encontrado nesse estudo foi 12,955 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (Tabela 3), sendo similar à média encontrada por Santos (2016), estudando diferentes fontes de adubação na cultura do feijão Gurgutuba, em condições de campo, tendo encontrado o valor médio de 11,34 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. A variável A indica a quantidade

de CO₂ consumido pelas plantas durante a fotossíntese (LARCHER, 2000), sendo o CO₂ essencial para síntese dos carboidratos que serão convertidos em biomassa e na produção de grãos.

Para C_i , o valor médio encontrado, neste estudo, foi 233,200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3). De maneira similar, Anjos *et al.* (2014), ao analisar trocas gasosas no *Phaseolus vulgaris* L. sob níveis de adubação NPK, micronutrientes e fitorreguladores, não verificaram efeitos significativos para esta variável. Ferraz *et al.* (2012), estudando trocas gasosas em ecótipos de *P. vulgaris* na região semiárida, também, não constatarem efeito significativo para esta variável, tendo observado um valor médio da C_i variando entre 222 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 289,6 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ conforme o horário de coleta. A respeito da ϕ_c , o valor médio observado, neste estudo, foi 0,056 $\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3). A ϕ_c refere-se à velocidade em que o carbono é fixado, podendo ser influenciada por fatores ambientais e apresenta uma estreita relação com a C_i e a taxa de assimilação de CO₂ (LARCHER, 2000).

Para os resultados relativos à condutância estomática g_s , a média obtida neste estudo foi 0,205 $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3). De igual maneira, a resistência estomática ao vapor de água (r_s) também, não apresentou efeito significativo em função das diferentes fontes de nutrientes ($p < 0,05$) (Tabela 2). O valor médio observado foi de 5,250 $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 3). A r_s trata-se de um processo inverso a g_s , referindo-se à medida da limitação da difusão livre de gases a partir da folha e para o seu interior, sendo controlada pela fenda estomática (TAIZ *et al.*, 2017). Segundo Brunini e Cardoso (1998), a resistência estomática, associada à capacidade de manutenção do alto teor hídrico na folha, representa um dos principais aspectos a ser observado em plantas resistentes ao estresse hídrico. A r_s analisa a resistência dos poros estomáticos à perda de vapor de água e, segundo Nogueira *et al.* (2001), a capacidade de manutenção da turgidez celular é uma característica fundamental à garantia da produtividade, especialmente, em locais de ocorrência de baixo regime pluviométrico. Santos (2016), estudando a cultura do feijão Gurgutuba, submetido a diferentes fontes de nutrientes, constatou uma média de 0,16 $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 6,56 $\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para as variáveis g_s e r_s , respectivamente. Estes valores demonstram que a cultura da fava apresentou maior condutância estomática e menor resistência estomática em relação ao feijão Gurgutuba, demonstrando, dessa forma, a capacidade da cultura da fava resistir ao estresse hídrico.

No que se refere ao comportamento da iWUE, a média observada, neste estudo, foi de 64,702 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)/($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) (Tabela 3). A iWUE relaciona a fotossíntese

líquida (taxa de assimilação de carbono) e a condutância estomática (FERREIRA *et al.*, 2012). Esta variável analisa o volume de água evapotranspirada, para incorporar, em sua biomassa, determinada quantidade de carbono, dependendo das características da planta em relação a sua capacidade de otimização dos processos de assimilação de carbono e das características do ambiente em que estão inseridas (MEDRANO *et al.*, 2007).

Tabela 3 - Valores médios de taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO₂ (C_i), eficiência instantânea de carboxilação (φ_c), resistência estomática ao vapor de água (r_s), pressão de vapor saturado de água corrigido pela temperatura da superfície foliar (e_s), concentração de vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}), eficiência do uso da água (WUE), eficiência intrínseca do uso da água (iWUE) da fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetido à inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras -PB, 2018.

	Médias				
	A	E	g _s	C _i	φ _c
	μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	mol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	μmol m ⁻² s ⁻¹	(μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹) / (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
T1	13,416 a	2,408 a	0,229 a	240,389 a	0,056 a
T2	14,098 a	2,618 a	0,243 a	240,167 a	0,059 a
T3	14,000 a	2,418 a	0,221 a	232,666 a	0,061 a
T4	12,479 a	2,185 a	0,194 a	237,833 a	0,053 a
T5	14,097 a	2,161 a	0,219 a	229,111 a	0,061 a
T6	14,310 a	2,239 a	0,212 a	223,555 a	0,064 a
T7	12,810 a	2,142 a	0,209 a	239,666 a	0,054 a
T8	11,567 a	2,158 a	0,179 a	240,778 a	0,048 a
T9	10,873 a	2,067 a	0,165 a	241,388 a	0,045 a
T10	11,898 a	2,266 a	0,182 a	237,444 a	0,050 a
Média	12,955	2,266	0,205	236,200	0,056
	r _s	WUE	iWUE	e _s	W _{leaf}
	mol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹	(μmol m ⁻² s ⁻¹) / (mol m ⁻² s ⁻¹)	(μmol m ⁻² s ⁻¹) / (mol m ⁻² s ⁻¹)	Bar	mol/mol
T1	4,833 a	5,536 a	61,201 a	2,563 a	0,002690 a
T2	4,295 a	5,416 a	58,959 a	2,602 a	0,002732 a
T3	4,664 a	5,804 b	63,542 a	2,668 b	0,002802 b
T4	5,793 a	5,683 a	66,612 a	2,628 a	0,002758 a
T5	5,073 a	6,564 b	67,465 a	2,814 b	0,002957 b
T6	4,887 a	6,451 b	68,248 a	2,773 b	0,002911 b
T7	5,182 a	5,965 a	62,779 a	2,689 b	0,002825 b
T8	5,798 a	5,406 a	65,029 a	2,532 a	0,002658 a
T9	6,283 a	5,403 a	66,696 a	2,568 a	0,002694 a
T10	5,692 a	5,310 a	66,497 a	2,553 a	0,002658 a
Média	5,250	5,423	64,702	2,266	0,0027685

T1: Testemunha; T2: Adubação Mineral; T3: Adubação Orgânica; T4: Inoculação; T5: Bioestimulante; T6: Inoculação e Adubação Mineral; T7: Inoculação e Adubação Orgânica; T8: Bioestimulante e Inoculação; T9: Bioestimulante e Adubação Mineral; T10: Bioestimulante e Adubação Orgânica

3.2 Produção

Conforme a Tabela 4, não foi observado efeito de interação entre os tipos cultivados de fava (Branca e Rajada) e as diferentes fontes de nutrientes ($p < 0,05$). No entanto, houve efeito isolado do fator variedade para as variáveis - comprimento da vagem (CV) e massa de cem grãos (MCG)- e efeito das diferentes fontes de nutrientes para as seguintes variáveis: número de vagens por planta (NVP), comprimento da vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos por planta (MGP), massa de cem grãos (MCG) e estimativa de produção (EP) ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância e médias das variáveis número de vagens por planta (NPV), massa da vagem com grãos (MVG), comprimento de vagem (CV), número de grãos por vagem (NGV), massa de grãos por planta (MGP), massa de cem grãos (MCG) e estimativa de produção (EP) da fava (*Phaseolus lunatus* L.), em função da inoculação e diferentes fontes de adubação. Bananeiras - PB, 2018.

Fator	Quadrados médios					
	NVP	CV	NGV	MGP	MCG	EP
Bloco	0,057278 ^{ns}	0,005167 ^{ns}	0,072667 ^{ns}	0,235981*	303,200167*	0,027052*
V	0,005270 ^{ns}	5,828167*	0,001500 ^{ns}	0,000173 ^{ns}	250,512667*	0,000004 ^{ns}
A	0,170531*	0,859722*	0,077426 ^{ns}	0,237403*	64,141111*	0,023632*
V x A	0,017072 ^{ns}	0,107426 ^{ns}	0,032241 ^{ns}	0,024345 ^{ns}	10,819333 ^{ns}	0,001920 ^{ns}
Resíduo	0,029818	0,116921	0,039158	0,051490	18,291219	0,006517
CV (%)	14,29	4,38	7,41	19,22	6,84	6,92
	Média					
	-----	Cm	-----	G	g	t ha ⁻¹
T1	10,65 a	7,33 a	2,55 a	11,27 a	56,17 a	0,20 a
T2	23,13 b	7,98 b	2,75 a	22,38 b	65,38 b	0,45 b
T3	27,50 b	7,98 b	2,81 a	27,95 b	66,45 b	0,60 b
T4	28,18 b	8,22 b	2,66 a	29,93 b	64,08 b	0,60 b
T5	10,76 a	7,40 a	2,45 a	08,77 a	61,87 a	0,17 a
T6	20,41b	7,92 b	2,70 a	21,68 b	66,51 b	0,40 b
T7	19,86 b	7,98 b	2,73 a	16,88 a	62,00 a	0,30 a
T8	09,53 a	7,20 a	2,68 a	08,38 a	59,13 a	0,16 a
T9	16,42 a	8,12 b	2,78 a	16,78 a	62,00 a	0,34 a
T10	17,20 a	7,70 a	2,58 a	20,22 b	61,27 a	0,40 b
Média	18,364	7,73	2,67	18,42	62,49	0,37

ns e *, respectivamente, não significativos e significativo a $p < 0,05$. CV: Coeficiente de variação; T1: Testemunha; T2: Adubação Mineral; T3: Adubação Orgânica; T4: Inoculação; T5: Bioestimulante; T6: Inoculação e Adubação Mineral; T7: Inoculação e Adubação Orgânica; T8: Bioestimulante e Inoculação; T9: Bioestimulante e Adubação Mineral; T10: Bioestimulante e Adubação Orgânica.

As plantas que receberam a inoculação, a adubação orgânica, adubação mineral, adubação mineral + inoculação e inoculação + adubação orgânica apresentaram maiores médias de NVP ($p < 0,05$) (Tabela4). A produção de vagens por planta representa uma das principais variáveis determinantes da produtividade do gênero *Phaseolus*

(BROUGHTON *et al.*, 2003). Neste trabalho, foi verificado que os valores médios de NVP variaram entre 9,53 e 28,18 (Figura 4). Estes resultados, provavelmente, são decorrentes do baixo suprimento hídrico durante a condução do experimento. A expansão foliar é reduzida em condições de baixa concentração de água no solo, a inibição da expansão foliar implica na redução do consumo de carbono e energia (TAIZ *et al.*, 2017) e a redução da produção é uma consequência desse processo. Um incremento na produção de vagens por planta de *P. lunatus* da cultivar Moita foi constatado por Carvalho (2012), obtendo 119 vagens por planta com as quantidades de 40 t ha⁻¹ de adubo orgânico + 200 kg ha⁻¹ do adubo mineral. Já Alves (2006) obteve uma formação de 38 e 41 vagens por planta, utilizando esterco bovino no cultivar de fava Raio de Sol.

Estudos sobre as características morfológicas, botânicas, morfofisiológicas realizados em diversos acessos de fava, sob adubação equilibrada, para a variável NVP, realizados por Guimarães *et al.* (2007), Oliveira, Torres e Bebedito (2011), Melo (2005), apontaram uma variação de 14,4 a 436,3, 19 e 54 e 8 a 35, respectivamente. Esses trabalhos demonstram alta variabilidade no NVP. Segundo Carvalho (2012), essa diferença, no número de vagens desta cultura, sugere uma grande variabilidade que pode ser característica do material utilizado ou das condições edafoclimáticas das diferentes regiões de cultivo. Para Guimarães *et al.* (2007), variabilidade é uma característica genética importante na identificação de genótipos potencialmente produtivos.

Foi constatada diferença significativa entre acessos de fava para a variável Comprimento de Vagem (CV) ($p < 0,05$) (Tabela 4). A média do CV deste trabalho foi 7,5 e 8,1 cm para os acessos de fava Branca e Rajada, respectivamente. A variação entre acessos de fava, também, foi observada por Guimarães *et al.* (2007), que, ao avaliar diferentes acessos desta cultura, encontraram variação de 4,8 a 8,9 cm. As diferenças nos tamanhos das vagens entre variedades parecem estar associadas à diversidade de tamanho de grãos dessa cultura (MELO, 2005).

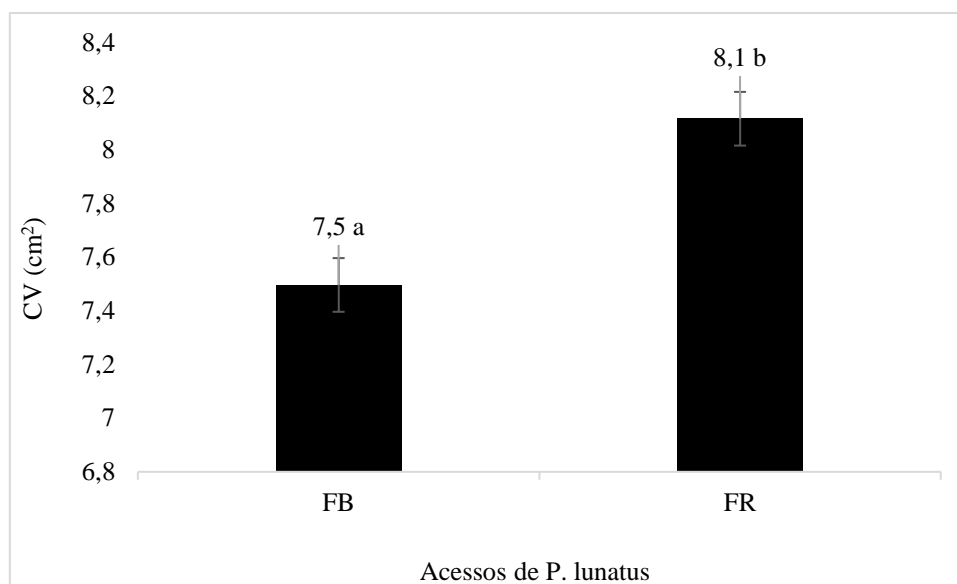


Figura 1 - Comprimento da vagem dos acessos de *Phaseolus lunatus* L. Bananeiras - PB, 2018. FB: Fava Branca, FR: Fava Rajada.

Em relação às fontes de nutrientes, as maiores médias de CV foram observadas nas plantas submetidas à inoculação, ao bioestimulante + adubação mineral, à adubação orgânica, adubação mineral, à inoculação + adubação orgânica e à adubação mineral + inoculação ($p < 0,05$) (Figura 7). As médias de CV variaram entre 8,24 e 7,2 cm. Alves (2006) verificou incremento no comprimento de vagens de feijão-fava, cultivar “Raio-de-sol”, em função do emprego de esterco bovino na presença e na ausência de NPK, sendo o comprimento máximo de vagens do feijão-fava igual a 8,7 cm. Sob o uso de doses recomendadas de NPK para a cultura da fava, Santos *et al.* (2002), observaram diferença entre os tamanhos das vagens, tendo encontrado uma variação entre 8,9 e 8,3 cm.

Santos (2016), constatou que diferentes fontes de nutrientes promoveram incremento no CV da variedade crioula de feijão Gurgutuba Roxo, a partir do uso de NPK, esterco bovino, composto bovino, adubo mineral + esterco bovino, composto caprino com adubo foliar organomineral (5%), diferindo, apenas, do composto caprino com adubo foliar organomineral (10%) e tratamento testemunha, indicando que o CV foi influenciado, de maneira similar, por diferentes fontes de nutrientes. Em outros estudos, não foram constatadas diferenças significativas para esta variável. Araújo *et al.* (2001), em trabalho com feijão-vagem, não verificaram respostas significativas para comprimento de vagens com o uso de doses crescentes de esterco suíno e NPK. Estes resultados demonstram que os componentes de produção estão relacionados às características genéticas, entretanto, podem ser influenciados por fatores ambientais ou de manejo nutricional (CARVALHO, 2012).

Em relação ao NGV, não foi verificada diferença significativa (Tabela 4). A média de grãos por vagem deste estudo variou entre 2,4 e 2,7. Carvalho (2012), testando adubação orgânica e mineral na cultivar Moita não observou diferença estatística no NGV, sendo a média encontrada por este autor de 2,4. Também não foi verificada alteração no NGV por Oliveira, Torres e Bebedito (2011), ao estudar o comportamento de 8 acessos de fava. Guimarães *et al.* (2007), ao estudar 14 acessos de fava, observou uma variação de 2 a 6 grão por vagem. Estes estudos sugerem que esta variável pode estar associada às características genéticas da cultura. Esta parece ser uma variável que, segundo Zílio *et al.* (2011), possui o caráter de herança qualitativa pouco influenciada pelo ambiente e controlada por poucos genes.

Quando submetidas à inoculação, à adubação orgânica, adubação mineral, à adubação mineral + inoculação e ao bioestimulante + adubação orgânica, as plantas apresentaram maiores médias em MGP ($p < 0,05$) (Figura 9). As médias encontradas, neste experimento, variaram entre 8,75 e 29,92 g por planta. Estes valores foram inferiores ao encontrado por Alves (2006), que observou 35,3 g na MGP na cultivar Raio de Sol, submetida à adubação com esterco bovino na presença de NPK. Esta resposta pode ter sido influenciada pela limitação hídrica durante a condução desse experimento. A água representa a maior proporção do volume celular nas plantas e é o recurso mais limitante. Quando as células vegetais são submetidas ao déficit hídrico, ocorre desidratação celular. A desidratação celular, por sua vez, afeta, adversamente, muitos processos fisiológicos básicos (TAIZ, *et al.*, 2017).

Foi observada diferença significativa entre acessos de fava para a variável a MCG ($p < 0,05$) (Figura 10). O acesso de fava Rajada e o acesso de fava branca apresentaram 64,6 g e 60,5 g, em MCG. Santos *et al.* (2002), observaram uma variação de 32,6 a 79,5 em massa de grãos de 8 acessos de fava, submetidos à adubação equilibrada. É possível que esta seja uma característica genética da cultura pouco influenciada pelo meio, conforme demonstrado na figura seguinte:

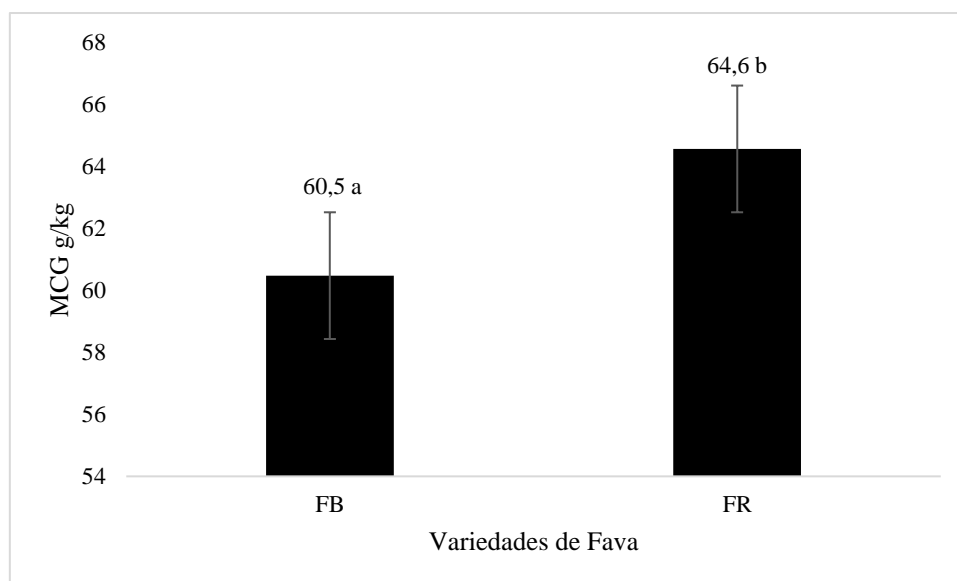


Figura 2 - Massa de Cem Grãos dos acessos de *Phaseolus lunatus* L. Bananeiras - PB, 2018. FB: Fava Branca, FR: Fava Rajada.

Em relação às fontes de adubação para a MCG, as maiores médias foram observadas nas plantas submetidas à adubação orgânica, à adubação mineral, à inoculação e à inoculação + a adubação mineral (Tabela 4) ($p < 0,05$). A média da MCG variou entre 56,16 e 66,52 g. As respostas encontradas, neste estudo, se enquadram na amplitude observada por Guimarães *et al.* (2007), que encontraram variação de 30,96 a 82,29 g, ao estudar a variabilidade genética de 22 acessos de feijão-fava em campo sob adubação equilibrada e por Melo (2005) que obteve 15,00 e 88,89 g, ao analisar a morfologia e fisiologia de variedades de fava, em sequeiro e em diferentes condições de manejo da cultura. Carvalho (2012), obteve uma produção de 36,7 g, para a cultivar Moita, ao avaliar o uso esterco caprino e NPK, em condições de campo. A massa de grãos é um importante caractere que compõe o rendimento final de culturas do gênero *Phaseolus* (ZÍLIO, 2011). Considerando a dimensão reprodutiva dos vegetais, as plantas tendem a mobilizar e redistribuir os nutrientes para a formação dos grãos e dos frutos. Uma vez formada, a semente se desenvolve plenamente, sendo esta uma estratégia da planta em produzir poucas sementes, mas viáveis para perpetuar a espécie, mesmo sob condições de estresse (ENDRES *et al.*, 2010).

As maiores médias, em produtividade de grãos secos, foram observadas nas plantas submetidas à inoculação, à adubação orgânica, adubação mineral, à adubação mineral + inoculação e ao bioestimulante + adubação orgânica ($p < 0,05$) (Figura 12). A produtividade observada, neste estudo, variou entre 0,17 e 0,60 t ha⁻¹. Oliveira *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2002), obtiveram uma variação 0,293 a 0,852 t ha⁻¹ e 319,96 a

809,87 kg há⁻¹, respectivamente, sob adubação equilibrada. Alves (2008), obteve produtividade de 3,5 t ha⁻¹, a partir do uso de esterco bovino na presença de NPK. De maneira similar, Carvalho (2012), obteve uma produtividade de 3 t ha⁻¹, a partir do uso de esterco caprino. Estes estudos conferem à cultura a capacidade responsiva a adubações. A produção observada, neste trabalho, pode ter sido influenciada pela limitação hídrica durante a condução do experimento em campo. É possível verificar, ainda, que, mesmo apresentando um rendimento inferior a outros estudos, a cultura conseguiu se comportar de maneira distinta do tratamento testemunha, demonstrando capacidade de resposta a diferentes fontes de adubação, em condições de estresse hídrico e uma resposta superior à média produtiva nacional, segundo os dados publicados pelo IBGE (2017), considerando que, na região nordeste, há predominância de sistema de sequeiro, especialmente na agricultura familiar. É importante observar que a adubação orgânica se comportou de maneira positiva tanto nos componentes produtivos, quanto fisiológicos das plantas (Tabela 3 e 4). Os efeitos benéficos da adubação orgânicas já são conhecidos em espécies do gênero *Phaseolus* (GALBIATTI *et al.*, 1996; OLIVEIRA *et al.*, 2001). Portanto, a adubação orgânica com esterco caprino pode ser indicada para compor o manejo nutricional da cultura da fava, enquanto uma fonte nutricional alternativa.

4. CONCLUSÕES

1. Nas condições em que foi conduzido o processo analisado, neste estudo, observa-se que a fava, quando submetida a fontes de nutrientes que conferem benefícios às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo promovem maior eficiência do uso da água (WUE), concentração do vapor de água saturado na temperatura foliar (W_{leaf}) e transpiração foliar (E);
2. O maior rendimento da fava foi obtido nas plantas submetidas à inoculação ($0,6 \text{ t ha}^{-1}$), à adubação orgânica ($0,6 \text{ t ha}^{-1}$), adubação mineral ($0,45 \text{ t ha}^{-1}$), à adubação mineral + inoculação ($0,4 \text{ t ha}^{-1}$) e ao bioestimulante + adubação orgânica ($0,4 \text{ t ha}^{-1}$);
3. O acesso de fava rajada apresentou maior comprimento de vagem por planta e de massa de cem grãos, sendo considerada mais indicada para a região Nordeste do Brasil.
4. A adubação orgânica e a inoculação de sementes, enquanto fontes de adubação alternativas, podem integrar o manejo nutricional da cultura da fava na região Nordeste do Brasil.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, A. U.; OLIVEIRA, A. P.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S.; ALVES, E. U.; CARDOSO, E. A.; OLIVEIRA, A. N. P.; CRUZ, I. D. S. Lima beans production and economic revenue as function of organic and mineral fertilization. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 251-254, 2008.

ALVEZ, A. U. **Rendimento do feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.) em função da adubação organomineral**. 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia - PB, 53p.

ALVINO, F. C.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; WANDERLEY, J. A. C.; BARRETO, C. F.; LEITE, D. T. **Aspectos fisiológicos e produção da cultura da fava sob métodos de captação de água**. In: Anais do Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação, Fortaleza, 2012.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Setor de Fertilizantes: Anuário Estatístico 2016. Consultada em 13 de dezembro de 2018 em: <http://anda.org.br/pdfs/INDICE-ANUARIO-2016.pdf>.

ANJOS, D. N.; VASCONCELOS, R. C.; MENDES, H. T. A.; CANGUSSU, A. C. V. Trocas gasosas em plantas de feijoeiro submetidas a fitorreguladores NPK e micronutrientes. **Enciclopédia biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19; p. 1796-1802, 2014.

ANTUNES, J. E. L.; GOMES, R. L. F.; LOPES, Â. C. A.; ARAÚJO, A. S. A. F.; FIGUEIREDO, M. D. V. B. Eficiência simbiótica de isolados de rizóbio noduladores de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 751-757, 2011.

ARAÚJO, J. S.; OLIVEIRA, A. P.; SILVA, J. A. L.; RAMALHO, C. I.; NETO, F. L. Rendimento do feijão-vagem cultivado com esterco suíno e adubação mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 48, n. 278, p. 501-510. 2001.

BARREIRO NETO, M.; FAGUNDES, R. A. A.; BARBOSA, M. M.; ARRIEL, N. H. C.; FRANCO, C. F. O.; SANTOS, J. F. Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 23-27, 2015.

BERTOLIN, D. C.; SÁ, M. E.; ARF, O.; FURLANI JUNIOR, E.; COLOMBO, A. S.; CARVALHO, F. L. B. M. Aumento da produtividade de soja com a aplicação de bioestimulantes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 2, p. 339-347, 2010.

BETTIOL, W. **Leite de Vaca Cru para o Controle de Oídio**. Jaguariuna, n. 13, 2004, 3p.

BEYRA, A.; ARTILES, G. R. **Revisión taxonômica de los gêneros Phaseolus y Vigna (Leguminosae - Papilionoideae) em Cuba**. Anales Del Jardín Botânico de Madrid, v. 61, p.135-154, 2004.

BRASIL. Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/>> Acesso em: 26 set. 2019.

BROUGHTON, W. J.; HERNANDEZ, G.; BLAIR, M; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. **Plant and Soil**, v. 252, n. 1, p. 55-128, 2003.

BRUNINI, O.; CARDOSO, M. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o comportamento estomático e potencial da água em mudas de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, p. 1053-1060, 1998.

CARVALHO, M. G. **Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica e mineral**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Piauí - UFPI, Teresina - PI, 53p.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: estrutura e função dos órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, v.1, 2009. 234p.

CASTRO, P. R. C. **Princípios da adubação foliar**. Jaboticabal: FUNEP, 2009. 42p.

CHAVES, L. H. G.; GHEYI, H. R.; RIBEIRO, S. Consumo de água e eficiência do uso para cultivar de mamona paraguaçu submetida à fertilização nitrogenada. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 1, p. 126-133, 2011.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília: Embrapa, v. 3, 2017. 573p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileira de classificação dos solos**. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco** (2ª aproximação). Recife: v. 2, 2008. 198p.

ENDRES, L.; SOUZA, J. L. D.; TEODORO, I.; MARROQUIM, P. M.; SANTOS, C. M. D.; BRITO, J. E. Gas exchange alteration caused by water deficit during the bean reproductive stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, © Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 11-16, 2010.

FERRAZ, L. S.; MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; MUNES JUNIOR, E. S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 181-188, 2012.

FERREIRA, M. J.; CARVALHO GONÇALVES, J. F.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área

degradada e submetidas à adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.

FRAZÃO, J. E. M.; SANTOS D.; FERREIRA F. M. B.; OLIVEIRA F. P.; PEREIRA, W. E.; SOUZA, A. P. **Crescimento da fava em resposta a níveis de fósforo na presença e ausência de calagem em Latossolo Amarelo**. In: Anais do FERTBIO, Lages, 2004.

GALBIATTI, J. A.; GARCIA, A.; SILVA, M. L.; MASTROCOLA, M. A.; CALDEIRA, D. S. A. Efeitos de diferentes doses e épocas de aplicação de efluente de biodigestor e da adubação mineral em feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a duas lâminas de água por meio de irrigação por sulco. **Científica**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 63-74, 1996.

GROHSKOOF, M. A. **Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica e mineral**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu - SP, 135p.

GUIMARÃES, W. N. R.; MARTINS, L. S. S.; SILVA, E. F.; FERRAZ, G. M. G.; OLIVEIRA, F. J. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 37-45, 2007.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 27 de jan. 2019.

LAMBAIS, G. R. L. **Aminoácidos como coadjuvantes da adubação foliar e do uso do glifosato na cultura da soja**. 2011. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Piracicaba - SP, 97p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LINHARES, A. C. M.; OLIVEIRA, D. F. S.; GUIMARÃES, L. M.; SILVA, S. S.; COSTA, F. X. Capacidade produtiva do pinhão manso em função da adubação orgânica e mineral no Sertão Paraibano. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 28, n. 1, p. 81-90, 2016.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MAPA - Ministério de Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. **Extrato de alho e cebola no controle de insetos**. Consultado em 15 de junho de 2018 em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/25-extrato-de-alho-e-cebola-no-controle-de-insetos.pdf>.

MEDRANO, H.; BOTA, J.; CIFRE, J.; FLEXAS, J.; RIBAS-CARBÓ, M.; GULÍAS, J. Eficiencia en el uso de la gua por las plantas. **Investigaciones geográficas (Esp)**, Alicante, n. 43, p. 63-84, 2007.

MELO, L. J. V. **Morfofisiologia e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, 166p.

NASCIMENTO, A. R. L. **Diversidade e caracterização de rizóbios associados ao feijão-fava no Semiárido**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Serra Talhada – PE, 53p.

NOBRE, R. G.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SILVA, A. O. Crescimento, consumo e eficiência do uso da água pela mamoneira sob estresse salino e nitrogênio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 148-158, 2014.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 13, n.1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, A. P. D.; ALVES, E. U.; ALVES, A. U.; DORNELAS, C. S.; SILVA, J. A. D.; PÔRTO, M. L.; ALVES, A. V. Produção de feijão-fava em função do uso de doses de fósforo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 543-546, 2004.

OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, J. S.; ALVES, E. U.; NORONHA, M. A. S.; CASSIMIRO, C. M.; MENDONÇA, F. G. Rendimento de feijão-caupi cultivado com esterco bovino e adubo mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 81-84, março, 2001.

OLIVEIRA, F. D. A.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, R. D. C.; LIMA, L. A.; SANTOS, S. T.; DE RÉGIS, L. R. Produção de feijão caupi em função da salinidade e regulador de crescimento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 11, p. 1049-1056, 2015.

OLIVEIRA, F. N.; TORRES, S. B.; BEBEDITO, C. P. Caracterização botânica e agrônômica de acessos de feijão-fava, em Mossoró, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 143-148, 2011.

PEREIRA FILHO, T. B. **Estado nutricional de policultivo de *Phaseolus lunatus* L. e *Zea mays* L. adubado com pó de rocha**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Agroecologia) – Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Bananeiras - PB, 74p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 830 p.

SALGADO, A. G.; GEPTS, P.; DEBOUCK, D. G. Evidence for two gene pools of the Lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas. **Genetic Resources Crop Evolution**, v. 42, p.15-28, 1995.

SANTOS, D; CORLETT, F. M. F.; MENDES, J. E. M. F.; WANDERLEY JÚNIOR, J. S. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado

da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 10, p.1407-1412, 2002.

SANTOS, E, M. **Produção e qualidade da variedade local de feijão Gurgutuba em resposta a diferentes adubações**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Bananeiras – PB, 104p.

SILVA, R. S.; FOGAÇA, J. J. N. L.; MOREIRA, E. S.; PRADO, T. R.; VASCONCELOS, R. C. Morfologia e produção de feijão comum em função da aplicação de bioestimulante. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 12, n. 10, p. 1-7, 2016.

SOUZA, R. F. S.; SANTOS, D.; PEREIRA, W. E.; MACEDO, F. L.; VENDRUSCOLO, J. Gas Exchange and photochemical efficiency in lima bean Genotypes grown in compacted soils. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 306-314, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, v. 6, 2017. 858p.

_____. TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, v. 3, 2004. 719p.

_____. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, v. 4, 2009. 819p.

TAVARES SOBRINHO, J. **Produção e qualidade de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia -PB, 100p.

ZILIO, M.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A.; SANTOS, J. C. P.; MIQUELLUTI, D. J. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos de crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, p. 429-438, 2011.

ARTIGO II

MARIANO, Elisângela de Freitas, Universidade Federal da Paraíba, Fevereiro, 2019. **Produção de biomassa e atributos químicos de um Latossolo cultivado com *Phaseolus lunatus* L. submetido a diferentes fontes de nutrientes.** Orientadora: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

RESUMO

A compreensão sobre as alterações das propriedades químicas do solo após a utilização agrícola pode ser uma alternativa indicadora da sua qualidade. Objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetido à inoculação e a diferentes fontes de nutrientes e a produção de biomassa associada às práticas de manejo nutricional adotadas. O experimento foi conduzido no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, município de Bananeiras - PB. O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado. As plantas foram submetidas aos seguintes tratamentos: testemunha (T1), adubação mineral (T2) adubação orgânica (T3), inoculação (T4), bioestimulante (T5), Inoculação e ½ da adubação mineral (T6), Inoculação + adubação orgânica (T7), bioestimulante + inoculação (T8), bioestimulante + adubação mineral (T9), bioestimulante + adubação orgânica (T10). No período do florescimento, foram coletados: o diâmetro do colo (mm), altura da planta (cm), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e clorofila total. Após a colheita, foi realizada a coleta de solos para análise das seguintes variáveis: pH, Fósforo (P), Potássio (K⁺), Sódio (Na⁺), Acidez potencial (H⁺ + Al⁺), Alumínio (Al⁺³), Ca (Cálcio⁺²), Magnésio (Mg⁺²), Soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases Trocáveis (v), Saturação por Alumínio (m) e Matéria Orgânica (MO). Os dados foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade pelo teste F. A inoculação, a adubação orgânica e a adubação mineral + a inoculação resultaram em um maior acúmulo de P e K no solo ao final do experimento. As adubações que permitiram um maior incremento na biomassa da fava foram a adubação mineral, a adubação orgânica, a adubação mineral + a inoculação, adubação orgânica combinada à inoculação, adubação mineral + o bioestimulante e a adubação orgânica + o bioestimulante. A adubação orgânica promoveu um acréscimo na biomassa da fava, ao mesmo tempo que promoveu incremento nos atributos químicos do solo através do P e do K. Adubações alternativas resultam em efeitos benéficos à produção vegetal bem como em melhorias das propriedades químicas do solo.

Palavras-chave: Macronutrientes; Fertilização Alternativa; Agricultura Sustentável.

MARIANO, Elisângela de Freitas, Federal University of Paraíba, February, 2018.
Chemical attributes of an Oxisol cultivated with *Phaseolus lunatus* L. submitted to different sources of fertilization. Advisor: Prof. Dra. Raunira da Costa Araújo.

ABSTRACT

Understanding changes in soil chemical properties after agricultural use may be an alternative indicator of soil quality. The objective of this study was to evaluate the chemical attributes of a Dystrophic Yellow Latosol cultivated with bean (*Phaseolus lunatus* L.) submitted to inoculation and different nutrient sources and the biomass production associated with the adopted nutritional management practices. The experiment was conducted at the Agriculture Sector of the Center for Social and Agrarian Human Sciences (CCHSA) of the Federal University of Paraíba (UFPB), Campus III, in Bananeiras - PB. The experimental design used was the randomized block. The plants were submitted to the following treatments: control (T1), mineral fertilization (T2) organic fertilization (T3), inoculation (T4), biostimulant (T5), inoculation and ½ of mineral fertilization (T6), +inoculation with organic fertilization (T7), inoculation + biostimulant (T8), mineral fertilizer + biostimulant (T9), organic fertilizer + biostimulant (T10). During flowering period were collected: neck diameter (mm), plant height (cm), shoot dry mass (g), root dry mass (g) and total chlorophyll. After harvesting, soil was collected to analyze the following variables: pH, Phosphorus (P), Potassium (K⁺), Sodium (Na⁺), Potential acidity (H⁺ + Al⁺), Aluminum (Al⁺²), Calcium (Ca⁺²), Magnesium (Mg⁺²), Sum of Exchangeable Bases (SB), Cation Exchange Capacity (CTC), Exchangeable Basis Saturation (v), Aluminum Saturation (m) and Organic Matter (MO). Data were subjected to analysis of variance at 5% probability by the F test. Inoculation, organic fertilization and mineral fertilization +inoculation increased in a higher accumulation of P and K in the soil at the end of the experiment. The fertilizers that allowed the largest increase in the bean biomass were mineral fertilization, organic fertilization, mineral fertilization + inoculation, + organic fertilization inoculation, mineral fertilization + biostimulant and organic fertilization + biostimulant. Organic fertilization promoted an increase in bean biomass while promoting an increase in soil chemical attributes through P and K. Alternative fertilization results in beneficial effects on crop production as well as improvements in soil chemical properties.

Keywords: Macronutrients. Alternative Fertilization. Sustainable agriculture.

1. INTRODUÇÃO

A fertilidade do solo é um dos principais fatores que influenciam na produção agrícola. As maiores produtividades são alcançadas mediante o uso de fertilizantes e de corretivos, que hoje é responsável por cerca de 50% dos aumentos de produção e produtividade das culturas (LOPES & GUILHERME, 2007). No entanto, o uso de fertilizantes minerais sintetizados, pode implicar negativamente, a longo prazo, nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, além de envolver custo energético elevado em sua produção. Segundo Grohskopf (2017), o desenvolvimento e inovação de novos insumos para a reposição de nutrientes aos solos é estratégico para agricultura brasileira, uma vez que 75% dos fertilizantes consumidos no país são importados, conforme a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2016), o que coloca o setor agrícola do país numa frágil situação de dependência (GROHSKOPF, 2017).

As recomendações de manejo conservacionista do solo sugerem práticas agrícolas que favoreçam a sua microbiota, por considerar que os organismos atuam nas transformações físicas e químicas do solo (CUNHA, 2012). Desse modo, as fontes de nutrientes que estimulam a atividade biológica do solo relacionam-se com práticas condizentes à promoção da agricultura sustentável. A avaliação das propriedades químicas do solo possibilita a compreensão sobre a sua qualidade. Desse modo, o estudo sobre os usos agrícolas de solos, a partir de seus atributos como indicadores, trata-se de um trabalho contínuo na avaliação de sistemas produtivos, com o propósito de adaptar sistemas ou sugerir usos do solo mais sustentáveis (CORRÊA *et al.*, 2009).

A análise de crescimento de plantas é capaz de descrever a produção vegetal em função do tempo, o que não é possível apenas com o resultado da produção final da cultura (MELO, 2005). De igual maneira, a avaliação da produção de biomassa vegetal, na fase reprodutiva das plantas, representa um mecanismo eficiente na avaliação do acúmulo de matéria seca pelas plantas. Para a cultura da fava (*Phaseolus lunatus* L.), poucas pesquisas apontam resultados sobre o acúmulo de massa seca, em função de diferentes fontes

nutricionais, havendo a necessidade de mais estudos que descrevam o comportamento vegetal sob esta variável ambiental

Nas plantas, o Ca desempenha um papel estrutural, o Mg^{2+} atua na ativação de enzimas envolvidas na respiração, na fotossíntese e na síntese de DNA e RNA e parte da estrutura em anel da molécula de clorofila, o P [O fósforo (como fosfato, PO_4^{3-})] é um componente integral de compostos importantes nas células vegetais, incluindo os açúcares fosfato, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolípidos que compõem as membranas vegetais. Ele também é um componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas, já o K^+ desempenha um papel importante na regulação do potencial osmótico das células vegetais (TAIZ *et al.*, 2017). O N constitui aminoácidos, ácidos nucleicos e pigmento clorofiláticos. Essa multifuncionalidade do N o torna o elemento mais requerido pelas culturas (CANTARELLA, 2007). O S é encontrado nas formas orgânicas de aminoácidos e em compostos de enxofre com a adenosina 5-osfosulfato e a 3-fosfoadenosina 5-fosfosulfato. Mesmo sendo requeridos em menores quantidades, os micronutrientes desempenham funções essenciais às plantas, atuando no metabolismo de carboidratos, na ativação enzimática, na composição de enzimas e na síntese de clorofila, como cofator enzimático (DECHEN & NACHTIGALL, 2007).

A compreensão sobre as alterações das propriedades químicas do solo, após a utilização agrícola, bem como a comparação de diferentes fontes de nutrientes e suas implicações nos atributos dos solos agrícolas e seus efeitos na produção vegetal, pode ser um mecanismo eficiente na avaliação da sustentabilidade agrícola. Objetivou-se com este estudo avaliar os atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) submetido à inoculação e a diferentes fontes de nutrientes e à produção de biomassa associada às práticas de manejo nutricional adotadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo aberto, no Setor de Agricultura do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, localizado no município de Bananeiras – PB, entre 01 de junho a 21 novembro de 2018. O clima da região é o As' (tropical chuvoso), quente e úmido, da classificação de Köppen, e se caracteriza por temperatura máxima de 27,8 °C e mínima de 18,8 °C, com chuvas de outono-inverno (concentradas de março a julho) e precipitação pluviométrica anual de 1187,9 mm (BRASIL, 2019).

Este estudo foi conduzido em sistema de sequeiro. As médias de temperatura e de precipitação pluviométrica, durante a realização do trabalho, podem ser observadas na Tabela 1. Os dados foram obtidos na estação meteorológica da UFPB/CCHSA, Campus III.

Tabela 1 - Valores médios de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar registrados durante a condução do experimento de 2018. Bananeiras - PB, 2018.

Meses	Temperatura do ar (° C)			Precipitação Mm	UR (%)
	Mínima	Média	Máxima		
Maio	19,99	23,17	26,35	109,9	89,11
Junho	20,73	24,95	29,16	94,6	85,55
Julho	20,23	23,81	27,4	74,4	89,89
Agosto	19,77	23,89	28	25,4	81,55
Setembro	20,43	24,33	28,23	19,6	81,23
Outubro	21,47	25,3	29,12	12,0	82,08
Novembro	22,01	25,23	28,45	15,8	79,5

UR: Umidade Relativa do Ar. Fonte: Setor de Agricultura da UFPB/CCHSA

A área encontrava-se em pousio há sete meses, sendo cultivada anteriormente com milho. O solo da área é classificado como um Latossolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), de textura franco-argilo-arenoso. As análises para a caracterização química do solo foram realizadas no Instituto Agrônômico de Pernambuco (IPA), conforme a metodologia proposta pela Embrapa (2017). Os resultados indicaram: pH

(H₂O) = 5,7; matéria orgânica = 27,23 g kg⁻¹; carbono orgânico: 15,79 g kg⁻¹; P = 7 mg dm⁻³; Ca = 1,4 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,3 cmol_c dm⁻³; Na = 0,05 cmol_c dm⁻³; K = 0,05 cmol_c dm⁻³; Al = 0,1 cmol_c dm⁻³; H = 5,42 cmol_c dm⁻³; CTC: 8,3 cmol_c dm⁻³, SB: 2,8 cmol_c dm⁻³ e V = 33,7%

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições. O acesso de fava rajada foi submetido (*Phaseolus lunatus* L.) a dez adubações: testemunha (T1), adubação mineral (T2) adubação orgânica (T3), inoculação (T4), bioestimulante (T5), Inoculação e ½ da adubação mineral (T6), Inoculação + adubação orgânica (T7), bioestimulante + adubação orgânica (T8), bioestimulante + adubação mineral (T9) e bioestimulante + adubação orgânica (T10).

A adubação mineral foi realizada conforme a recomendação para a cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), proposta pelo Manual de Recomendação de Adubação do estado de Pernambuco (IPA, 2008). No plantio, foram aplicados 44,4 kg ha⁻¹ de ureia, 113 kg ha⁻¹ de superfosfato triplo e 113 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. O nitrogênio foi parcelado, aplicando-se uma parte no plantio e o restante, 30 dias após o plantio.

A adubação orgânica foi realizada com esterco caprino na dose de 15 t ha⁻¹ (SANTOS, 2016). Os resultados da análise química do esterco caprino indicaram: pH (H₂O) = 8,13; matéria orgânica = 134,28 g kg⁻¹; carbono orgânico: 77,89 g kg⁻¹; P = 14,96 mg dm⁻³; Ca = 1,2 cmol_c dm⁻³; Mg = 2,2 cmol_c dm⁻³; Na = 5,59 cmol_c dm⁻³; K = 0,55 cmol_c dm⁻³; Al = 0,0 cmol_c dm⁻³; H = 2,81 cmol_c dm⁻³ e CTC: 12,35 cmol_c dm⁻³.

A inoculação das sementes foi realizada à sombra e a semeadura foi efetuada no mesmo dia, a partir do inoculante *Rhizobium Tropici* BR322 SEMIA4077, obtido na Embrapa Agrobiologia. Para melhor aderência do inoculante turfoso, as sementes foram umedecidas com água açucarada a 10 %, conforme a recomendação da Embrapa.

O bioestimulante foi aplicado, semanalmente, na dose 6 mL, para um volume de 10 litros de água até à pré-floração e, a partir do período da emissão dos botões florais, foram aplicados 9 mL do produto para 10 litros de água, semanalmente. O produto foi aplicado com uma bomba costal com bico tipo meia lua. A composição do bioestimulante, em g/100 mL, é de: Aminoácidos livres 7.0% m/m, Nitrogênio total 1.8% m/m, Nitrogênio orgânico 1.8% m/m, Acido Aspártico 1.6% m/m, Arginina 2.4% m/m, Glicina 2.5% m/m, Tryptofano 0.5% m/m, Cadmio < 0.5 mg/L, Niquel < 1.0 mg/L, Chumbo < 1.0 mg/L, Mercúrio < 0.1 mg/L, Cromo < 3.0 mg/L, Zinco < 200 mg/L e Água c.s.p. 100 m.

Antes da semeadura, realizou-se uma aração, seguida de duas gradagens e abertura dos sulcos de plantio. Foi utilizado o espaçamento de 0,5 m x 1 m, com 3 fileiras de 5 m de comprimento em cada parcela, considerando-se a fileira central como parcela útil. Em cada berço foram semeadas duas sementes de fava. Aos vinte dias, após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando uma planta por berço. As plantas espontâneas foram controladas por capinas manuais até o período de florescimento. As plantas foram tutoradas com o auxílio de varas. Para o controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), foram realizadas aplicações, nas primeiras quatro semanas, de calda de alho e cebola, sendo utilizados 350 g de cebola e 20 g de dentes de alho. Esses foram triturados e imersos em 5 litros de água, conforme ficha técnica proposta pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016). Para prevenir o ataque do oídio (*Erysiphe* spp), foram realizadas duas aplicações de calda de leite, na seguinte proporção, 95% de água para 5% de leite de vaca (BETTIO, 2004). No período que antecedeu o florescimento, foi realizada a aplicação suplementar, em todos os tratamentos, do adubo foliar Niphocan, na dose de 50 mL para o volume 10 litros de água.

Durante a fase reprodutiva da cultura, foram coletadas as variáveis analisadas que integram a biomassa vegetal, sendo elas: diâmetro do colo (mm), altura da planta (cm), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e clorofila total. Para mensurar a altura da planta, utilizou-se uma régua graduada em centímetros do colo da planta até à extremidade da haste principal. O diâmetro caulinar foi mensurado através de um paquímetro digital de precisão, no colo da planta a um centímetro. Para obtenção da massa seca da raiz e da parte aérea, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e postas para secar em estufa de circulação de ar, à temperatura de 65 °C, até atingir o peso constante, em seguida, foram pesadas em balança de precisão. O índice de clorofila foi determinado por meio do clorofilômetro portátil ClorofiLOG1030. As leituras foram realizadas no período da manhã entre às 8:h30 e às 10:h30. Foi adotado, para análise, o folíolo central, considerando três folhas, totalmente, expandidas por planta, de três plantas por parcela.

A análise do solo foi realizada retirando-se amostras simples nos berços das parcelas úteis, na camada de 0 a 20 cm. Após a coleta, secagem e peneiramento para obtenção da terra fina seca ao ar, as amostras foram caracterizadas quanto a: pH, Fósforo (P), Potássio (K^+), Sódio (Na^+), Acidez potencial ($H^+ + Al^+$), Alumínio (Al^+), Cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), Soma de Bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC), Saturação por Bases Trocáveis (v), Saturação por Alumínio (m) e Matéria

Orgânica (MO) no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas no CCHSA/UFPB, de acordo com metodologia da Embrapa (2011).

O pH foi determinado em H₂O na proporção solo: água de 1:2,5; Al³⁺, Ca²⁺ e Mg²⁺ foram extraídos com solução extratora de KCl 1 mol L⁻¹, na diluição solo: solução e 1:10; K⁺, Na e P, extraídos com solução extratora de Melich 1 de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹, na proporção solo: solução de 1:10, em que o K⁺ e Na⁺ foram determinados por fotometria de chama e o P por espectrofotometria. Para a matéria orgânica, foi utilizado um conjunto de peneira com malha de diâmetro: 1,00 mm e pesado 0,500 g de solo em Erlenmeyer, adicionado dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇) 0,2 mol L⁻¹ em meio sulfúrico e titulado com sulfato ferroso amoniacal 0,05 mol L⁻¹ e o H + Al, extraído com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, ajustada a pH 7, na proporção 1:15, segundo metodologia da Embrapa (2011). Os valores de SB, CTC, porcentagem de V e m, foram calculados a partir desses resultados.

Os dados foram analisados para homogeneidade de variância (Levene) e normalidade (Kolmogorov-Smirnov), havendo a necessidade de transformação de dados para todas as variáveis, exceto para CR, CT, pH, MO e CO, a partir da seguinte equação $\sqrt{x + 0,5}$. Em seguida, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR. As médias significativas foram avaliadas pelo teste de Scott Knott.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de biomassa

De acordo com o resumo da análise de variância (Tabela 2), foi verificado efeito significativo das diferentes fontes de adubação para as variáveis diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) ($p < 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para diâmetro do caule (DC), altura da planta (AP), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e clorofila total (CT) da fava (*Phaseolus lunatus* L.) Bananeiras – PB.

Fator	Quadrados médios					
	DC	AP	CR	MSPA	MSR	CT
Bloco	0,000118 ^{ns}	5,733507 ^{ns}	0,020178 ^{ns}	0,001794 ^{ns}	0,033523 ^{ns}	955,687784 ^{ns}
A	0,039660*	1.062634 ^{ns}	0,034383 ^{ns}	0,130940*	0.151990*	4240,542191 ^{ns}
Resíduo	0,015158	3.545009	0.036993	0,032828	0,029575	2540,090296
CV (%)	16,29	17,16	14,43	12,73	10,35	14,16
	Quadrados médios					
	DC	AP	CR	MSPA	MSR	CT
	Mm	Cm	Cm	G	g	---
T1	4,024 a	11,17 a	28,38 a	12,45 a	1,336 a	34,876 a
T2	7,918b	11,03 a	23,00 a	44,06 b	2,351 b	36,707 a
T3	7,109 b	11,72 a	25,11 a	40,43 b	2,603b	39,500 a
T4	4,352 a	10,22 a	30,22 a	18,90 a	1,026a	38,614 a
T5	4,922 a	11,67 a	22,16 a	19,26 a	1,069 a	30,576 a
T6	6,173 b	10,88 a	17,77 a	37,94 b	1,741 b	38,252 a
T7	6,855 b	10,53 a	15,53 a	38,69 b	1,982 b	36,466 a
T8	4,606 a	10,10 a	15,80 a	15,15 a	0,775 a	27,509 a
T9	7,413 b	11,67 a	26,38 a	44,55 b	2,986 b	36,414 a
T10	6,577 b	10,68 a	31,16 a	35,68 b	2,399 b	37,023 a
Média	5,99	10,97	23,55	30,71	1,827	35,594

Em relação ao diâmetro do caule, as maiores médias foram observadas nas plantas submetidas à adubação mineral, adubação mineral combinada ao bioestimulante, à adubação orgânica, adubação orgânica + inoculação, adubação orgânica + bioestimulante e adubação mineral + inoculação (Tabela 2) ($p < 0,05$). Estas adubações promoveram um

maior diâmetro de caule, provavelmente, por se tratarem de fontes nutricionais mais equilibradas em relação aos demais tratamentos. Na presença de quantidades suficientes de nutrientes essenciais, as plantas conseguiram expressar maior DC. Nestes tratamentos, as médias variaram entre 6,1 mm e 7,9 mm. Os resultados obtidos neste estudo são distintos dos encontrados por Silva *et al.* (2015), que obtiveram médias de DC, variando entre 4,35 mm e 4,66 mm, ao estudar a variedade Cancan, sob influência do uso de composto orgânico e urina de vaca em ambiente controlado. Provavelmente, as maiores médias observadas neste trabalho, podem estar associadas ao fato dos acessos de fava, de tratar de variedades com hábito de crescimento indeterminado, que são conhecidas por apresentar formação de biomassa verde superior. Barreiro Neto *et al.* (2015), estudando a caracterização morfológica e produtiva de acessos de fava, sob adubação equilibrada, observou uma variação entre 9,00 mm e 16,33 mm para a variável DC.

O maior acúmulo na MSPA foi observado nas plantas que receberam adubação mineral + o bioestimulante, adubação mineral, adubação orgânica, adubação orgânica + a inoculação, adubação mineral + inoculação e adubação orgânica + o bioestimulante. O nitrogênio é um dos principais nutrientes envolvidos na produção de biomassa vegetal, segundo Denchen e Nachtigall (2007), o N é necessário à síntese de clorofila e integrante dos aminoácidos, responsáveis pela formação das proteínas. É provável que estas fontes nutricionais foram eficientes na oferta do N. Entretanto, é importante observar que o maior acúmulo de biomassa pode não está diretamente correlacionado com a produção final, como sugeriu Melo (2005), que, para a cultura da fava, a maior produção de massa verde não culminou com o aumento do rendimento de grãos para algumas variedades. O N, em excesso, pode estimular a duração do estado vegetativo e consequente queda na produção (MALAVOLTA, 1980). No entanto, quando em concentrações adequadas, o maior acúmulo de biomassa pode resultar em maiores produtividades.

Quanto a MSR, as maiores médias foram obtidas nas plantas submetidas à adubação mineral + o bioestimulante, adubação orgânica + o bioestimulante, adubação mineral, adubação orgânica + a inoculação e adubação mineral + inoculação (Tabela 2) ($p < 0,05$). Segundo Taiz *et al.* (2017), a amplitude, na qual as raízes proliferam dentro de uma mancha de solo, varia com as concentrações de nutriente. Ainda para esses autores, em concentração de nutrientes ideais, as plantas podem investir menos no desenvolvimento radicular e redistribuir os nutrientes para a parte aérea e estruturas reprodutivas. Tendo em vista que o fósforo é um dos principais nutrientes envolvidos no crescimento radicular (DECHEN, NACHTIGALL, 2007), é possível que estas fontes de

nutricionais tenham sido mais eficientes no fornecimento desse nutriente. Rocha *et al.* (2018), ao avaliar a produção de biomassa de feijão-caupi em função doses de fósforo e inoculação, em casa de vegetação e campo, concluiu que o incremento fósforo propiciou a máxima produção da massa seca da raiz na dose 120 kg ha⁻¹.

A AP não foi alterada pelas diferentes fontes de nutrientes aplicadas (Tabela 2) ($p < 0,05$). A média observada, neste estudo, foi 10,97 cm. A AP é uma variável de crescimento relacionada com o alongamento celular, que, por sua vez, depende do acúmulo de nutrientes como potássio, cloro e nitrato que são responsáveis pelo aumento da pressão osmótica dentro das células (TAIZ *et al.*, 2017). No presente estudo, esta variável foi pouco influenciada pelas diferentes fontes de nutrientes adotadas. Zucareli *et al.* (2006), estudando doses de fósforo não observou efeito significativo para a variável em análise. De igual modo, Albrecht *et al.* (2011) analisaram o manejo na aplicação de biorregulador no desempenho de plantas de soja, em dois anos agrícolas, e constataram que não ocorreu efeito significativo em ambos os anos para a variável AP. Estes estudos sugerem que a AP pode estar associada ao caráter genético da cultura, sendo, dessa forma, pouco influenciada pelos fatores ambientais.

O índice de CT também não foi influenciado pelas fontes de adubação. A média observada, neste estudo, foi de 35,594, similar à média obtida por Santos (2016), ao estudar diferentes fontes nutricionais na cultura do feijão Gurgutuba, obtendo a média 36,10. Bertoldo *et al.* (2015), não encontrou efeito significativo para a variável CT, ao avaliar a inoculação de bactérias fixadoras de nitrogênio, juntamente com a aplicação de pó de rocha, molibdênio e extrato de alga, enquanto fontes alternativas em substituição à ureia para a cultura do feijão. As clorofilas absorvem a luz, principalmente nos comprimentos de onda do violeta e azul, são pigmentos responsáveis pela conversão da radiação luminosa em energia, sob a forma de ATP e NADPH, portanto, estão relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e, consequentemente, ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes (NEVES *et al.*, 2005; RAVEN *et al.*, 2016). O nitrogênio é um elemento necessário à síntese de clorofila estando, dessa forma, envolvido diretamente na fotossíntese (LIMA *et al.*, 2001). Provavelmente, as fontes minerais utilizadas, neste estudo, apresentaram comportamento similar, em relação ao fornecimento de N, bem como do Mg⁺, uma vez que este elemento participa da estrutura em anel da clorofila (TAIZ *et al.*, 2017).

3.4 Propriedades químicas do solo

As adubações adotadas, neste estudo, promoveram o aumento das concentrações de Fósforo (P) e Potássio (K) no solo ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para acidez do solo (pH), Fósforo assimilável (P), Potássio trocável (K), Sódio trocável (Na), Acidez potencial (H + Al), Acidez trocável (Al), Cálcio trocável (Ca), Magnésio trocável (Mg), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentual de saturação por bases (V), Percentual de saturação por alumínio (M), Matéria orgânica (MO), Carbono orgânico (CO) em solo cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) Bananeiras – PB.

Fator	Quadrados médios						
	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca
Bloco	0,793973*	0,039126*	0,208853*	0,003634 ^{ns}	0,136925 ^{ns}	0,011364*	0,008420 ^{ns}
A	0,113453 ^{ns}	0,034854*	0,128295*	0,001476 ^{ns}	0,088039 ^{ns}	0,001529 ^{ns}	0,010651 ^{ns}
Resíduo	0,056618	0,009801	0,028603	0,001438	0,183927	0,001523	0,006903
CV (%)	4,73	9,83	11,14	3,43	24,25	3,49	5,46

Fator	Quadrados médios						
	Mg ⁺	SB	CTC	V	M	MO	CO
Bloco	0,092825 ^{ns}	0,038397*	0,010368 ^{ns}	0,037478 ^{ns}	0,404338*	13,83361*	4,652443*
A	0,021679 ^{ns}	0,004178 ^{ns}	0,012209 ^{ns}	0,094509 ^{ns}	0,052166 ^{ns}	2,319692 ^{ns}	0,782870 ^{ns}
Resíduo	0,039192	0,008114	0,028186	0,010898	0,055364	2,410402	0,810888
CV (%)	14,56	20,45	24,51	7,64	26,75	5,96	5,96

CV: coeficiente de variação; ns e *, respectivamente, não significativos e significativo a $p < 0,05$.

Os maiores teores de P, no solo, foram observados nos tratamentos em que as plantas foram submetidas à inoculação, adubação orgânica, adubação mineral e adubação mineral + a inoculação ($p > 0,05$) (Tabela 4). Neste trabalho, as médias dos teores de fósforo variaram entre 7,06 e 14,49 mgdm⁻³. A maior média entre os tratamentos foi observada nas parcelas que receberam inoculação. Segundo Vance *et al.* (2003), o P é, frequentemente, o elemento mais limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas em decorrência de sua adsorção nos solos. Na planta, sua carência compromete a redistribuição ou remobilização do N na planta (das folhas aos grãos ou frutos), principalmente, na fase reprodutiva e de enchimento de frutos e grãos (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Desse modo, o fósforo tem uma participação efetiva no metabolismo do N (PRIMAVESI, 2002). O N e o P interagem de forma sinérgica e, em doses adequadas, promovem aumento na produção vegetal maiores do que aqueles obtidos com aplicação de cada nutriente isoladamente.

A fixação biológica de nitrogênio é um processo com custo energético elevado, desse modo, a ausência de fósforo pode prejudicá-la (GUOCHEN *et al.*, 2017). Os efeitos de interação entre P×N, sob o processo de simbiose, para fixação do N, ocorrem no solo, no entanto, os mecanismos envolvidos nesta interação ainda não foram elucidados (GROHSKOPF, 2017), muito embora, estudos realizados para espécies da família Fabaceae, apontem repostas positivas para o uso da adubação fosfatada na FBN (ROCHA, 2016).

As concentrações de K foram influenciadas pelas adubações: orgânica, inoculação, adubação mineral + adubação orgânica, adubação orgânica + a inoculação, bioestimulante + adubação mineral e bioestimulante + a adubação orgânica (Tabela 4) ($p>0,05$). As médias variaram entre $0,04 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e $0,17 \text{ cmol}_c\text{dm}^{-3}$. Este valor encontra-se abaixo do valor anterior à instalação do experimento. Segundo os critérios de classificação propostos por Sobral *et al.* (2015). Estes valores são considerados baixos, podendo significar que as plantas extraíram nutrientes disponíveis da solução do solo conforme necessário, diminuindo, assim, a concentração de potássio adsorvido no complexo sortivo do solo (DANTAS *et al.*, 2014). O K atua na regulação osmótica, na manutenção da água na planta por meio do controle da abertura e fechamento dos estômatos (ERNANI *et al.*, 2007). Nas condições de campo do experimento, as plantas podem ter requerido maiores quantidades de K para a regulação osmótica, em decorrência da limitação hídrica.

Não foi verificado efeito das diferentes fontes de nutrientes para pH, Na, H + Al, Al^{+3} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, CTC, v, m, matéria orgânica e carbono orgânico, provavelmente, por se tratar de um solo cultivado com uma cultura anual e os efeitos dessas variáveis possam ser expressados a longo prazo.

A faixa ideal de pH para absorção da maioria dos nutrientes pelas plantas varia entre 5,5 a 6,5. O valor médio de pH encontrados, neste estudo, foi 5,03 (Tabela 4), indicando um caráter ácido do solo. Este valor de pH foi inferior ao determinado no início do estudo, o que pode ser atribuído à remoção de cátions básicos pelas plantas, resultando no aumento de formas trocáveis de H^+ e Al^{3+} no complexo sortivo. Segundo Sousa, Miranda e Oliveira (2007), estes são fatores que influenciam na acidez do solo. As concentrações de Al^{+3} foram de $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4), sendo superiores às concentrações iniciais observadas antes da instalação do experimento que foi $0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, reforçando a hipótese de que remoção das bases pela cultura culmina com a elevação do Al^{+3} . Entretanto, o valor inicial da soma das bases não foi alterado após o

cultivo, sugerindo que os nutrientes aplicados foram consumidos pela cultura ou removidos para as camadas inferiores em decorrência do caráter arenoso do solo.

Para Na, a média observada, neste estudo, foi $0,02 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4) diferindo do valor anterior à instalação do experimento que foi $0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Este elemento pode ter sido lixiviado para as camadas inferiores durante o cultivo, em decorrência da precipitação pluviométrica no início do experimento. Dantas *et al.* (2014), ao estudar doses crescentes de águas residuais de mandioca na cultura do girassol, observou um decréscimo nas concentrações de Na e Mg trocáveis. Para estes autores, a chuva pode promover a diminuição desses elementos, por se tratar de cátions altamente lixiviáveis quando presentes na solução do solo. Neste estudo, a chuva que ocorreu no início deste experimento pode ter influenciado no processo de lixiviação do Na.

Em relação à acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), o valor médio obtido neste estudo foi $2,274 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4). A acidez potencial é parte integrante do equilíbrio da acidez do solo. Ela representa o fator quantidade, que, por sua vez, relaciona a concentração de H^+ (representado pelo hidrogênio de ligação covalente associado a cargas negativas no solo variável e aos polímeros de Alumínio) e as concentrações de Alumínio trocável e outros cátions (Mn, Fe) adsorvidos nos coloides do solo (SOUSA, MIRANDA & OLIVEIRA, 2007).

Segundo os critérios de classificação propostos por Sobral *et al.* (2015), os teores de Ca obtidos, neste estudo, são considerados baixos. A média obtida foi $1,321 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4). Para este mesmo autor, a média de Mg obtida foi $1,178 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, sendo considerada alta. A absorção de Ca está associada às relações de equilíbrio com o Mg e K na solução do solo (SOUSA, MIRANDA & OLIVEIRA, 2007). Segundo Carvalho-Pupatto *et al.* (2006), o suprimento adequado de Ca e Mg, no solo, é necessário, para que esses elementos possam competir por sítios de ligação no sistema radicular, uma vez que a planta, preferencialmente, absorve K, o qual inibe, de forma competitiva, a absorção de Ca e Mg. Isso ocorre, porque o K pode atravessar a membrana plasmática com maior velocidade devido esse ser monovalente e de menor grau de hidratação em relação ao Mg (SILVA & TREVIZAM, 2015). Neste estudo, foi observado a relação Ca/K igual 1:15 e Mg/K 1:13, a qual é considerada baixa, sugerindo que houve uma preferência de absorção do K pela cultura. Para os nutrientes Ca e Mg, foi observada uma relação próxima a 1:1. Quando a interação Ca/Mg é equivalente, o equilíbrio entre dois nutrientes é mantido.

Para a CTC em pH 7, a média obtida neste estudo foi $5,093 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Tabela 4). Segundo os critérios de classificação propostos por Ribeiro *et al.* (1999), este valor é

considerado médio. A CTC é responsável direta pelo crescimento vegetal, representada pelos cátions adsorvidos nas superfícies da argila e da matéria orgânica. Esses estão disponíveis para as plantas e mantêm um equilíbrio dinâmico com aqueles cátions que estão na solução do solo (MEURER, 2007). Os cátions retidos são o K, Ca, Mg, além dos nutrientes que são cátions metálicos como cobre, ferro, manganês e zinco (FREITAS *et al.*, 2017). Estes últimos autores, ainda, evidenciaram que a CTC é influenciada pelo pH e pelas concentrações da MO no solo, ao estudá-la sob diferentes profundidades e em diferentes sistemas de uso do solo, demonstrando que a fertilidade do solo é complexa e dependente da interação entre os elementos minerais e das variações da acidez do solo.

A média do percentual de saturação por base se manteve acima de 50%, permitindo caracterizar o solo em estudo como eutrófico (Tabela 4). As adubações adotadas, neste estudo, promoveram um aumento na v. Ainda que não tenha ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, os valores de v para o tratamento testemunha são, numericamente, maiores que os demais. Isso ocorreu, provavelmente, em decorrência da decomposição de materiais orgânicos ao longo da condução do experimento. A decomposição da MO tratasse de um processo lento. Como não houve um aporte de nutricional, as plantas submetidas ao tratamento testemunha apresentaram uma formação de biomassa inferior (Tabela 3) e, conseqüentemente, ao final do cultivo, houve um incremento na v. A saturação por bases descreve a proporção de cátions considerados básicos (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} e Na^{+}) que ocupa a CTC do solo (SERRAT *et al.*, 2007). Corrêa *et al.* (2009), estudando atributos químicos de solos sob diferentes usos no semiárido, observou que os valores baixos de CTC do solo, que resultaram em uma moderada quantidade de bases trocáveis, permitiu a elevação V% nos solos. Neste estudo, os valores médios da CTC resultaram em um valor mediano para o percentual de SB, demonstrando uma relação entre a CTC e as bases trocáveis do solo. Em solos com a SB acima de 70%, não há necessidade de calagem (SOBRAL *et al.*, 2015).

O percentual de saturação por alumínio obtido foi 8,835 % (Tabela 4), sendo considerado baixo conforme os critérios de interpretação proposto por Sobral *et al.* (2015). O Al é um elemento tóxico aos vegetais e, quando em excesso no solo, afeta o sistema radicular das plantas, alterando a morfologia e o crescimento das raízes. As raízes podem ficar grossas e ocorrer a diminuição na emissão de raízes secundárias (MEURER, 2007), prejudicando, dessa forma, a absorção de água e nutrientes com conseqüências no crescimento e desenvolvimento vegetal. Os metais pesados como o Al podem imitar outros metais essenciais como o Ca^{2+} e Mg^{2+} , assumir seus lugares em reações essenciais

e romper essas reações. A absorção do Al pela célula vegetal pode levar à acumulação de EROs, inibição da fotossíntese, desorganização da estrutura de membrana e homeostase iônica, inibição de reações enzimáticas e ativação da morte celular programada (MCP) (TAIZ *et al.*, 2017).

Os valores médios de MO, obtidos neste estudo, foi 2,604dag kg⁻¹ (Tabela 4). Este valor é considerado médio, conforme Ribeiro *et al.* (1999). A MOS é resultante da decomposição de restos de cultura, raízes e animais mortos. Seus teores no solo derivam das relações de equilíbrio entre ganhos e perdas dos seus constituintes (MARQUES, 2006). O equilíbrio entre o acúmulo da MOS e as perdas pela respiração edáfica tem implicações globais, uma vez que a emissão de CO₂ é responsável pelo efeito estufa, que está aquecendo o clima da Terra (BRADY & WEIL, 2013). Ademais, dentre as propriedades da MOS para os solos agrícolas, podem ser evidenciadas a geração de cargas negativas, a agregação das partículas minerais, a capacidade de retenção de água e nutrientes e, também, a liberação de nutrientes minerais e outros compostos orgânicos durante sua decomposição (SILVA & MENDONÇA, 2007).

Neste estudo foi observado o acúmulo de 15,11 g kg⁻¹ de CO (Tabela 4), ao final do experimento, constatando-se que um pequeno decréscimo em relação ao valor anterior ao cultivo. De acordo com Ribeiro *et al.* (1999), o valor médio obtido permite classificar os teores de CO, no solo em estudo, como médio. As concentrações de CO do solo são dependentes das interações com a biosfera, por meio dos produtos da fotossíntese, que aportam grande parte do C no solo (SILVA & MENDONÇA, 2007), bem como da entrada de material orgânico no solo (BALBINOT *et al.*, 2003). Ainda para estes últimos autores, em solos agrícolas, as técnicas de manejo intensivo utilizadas, associadas a constantes intervenções, expõe a matéria orgânica ao O₂, resultando na sua oxidação e decomposição. Perez *et al.* (2004), ao quantificar o carbono da biomassa microbiana do solo, cultivado com soja em diferentes sistemas de manejo, concluiu que a subsolagem promove diminuição do carbono orgânico do solo após a colheita da soja. De maneira contrária, na semeadura direta, os valores de carbono da biomassa microbiana do solo são mais estáveis, demonstrando que, em sistemas de agrícolas de uso intensivo, as concentrações de CO tendem a ser inferiores às recomendáveis.

Tabela 4 - Valores médios de (pH), Fósforo assimilável (P), Potássio trocável (K), Sódio trocável (Na), Acidez potencial (H + Al), Acidez trocável (Al), Cálcio trocável (Ca), Magnésio trocável (Mg), Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca de Cátions (CTC), Percentual de saturação por alumínio (M), Matéria orgânica (MO), Carbono orgânico (CO) em solo cultivado com fava (*Phaseolus lunatus* L.) Bananeiras - PB.

	Médias						
	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²
		mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³
T1	5,48 a	07,50 a	0,040 a	0,153 a	1,377 a	0,283 a	1,483 a
T2	5,18 a	13,71 b	0,080 a	0,147 a	2,533 a	0,250 a	1,383 a
T3	5,06 a	14,06 b	0,113 b	0,276 a	1,927 a	0,150 a	1,467 a
T4	4,94 a	14,49 b	0,170 b	0,217 a	2,423 a	0,233 a	1,333 a
T5	5,02 a	10,04 a	0,047 a	0,190 a	1,430 a	0,317 a	1,350 a
T6	4,80 a	11,37 b	0,150b	0,253 a	2,807 a	0,283 a	1,117 a
T7	5,06 a	09,42 a	0,103b	0,223 a	2,423 a	0,200 a	1,500 a
T8	5,04 a	07,05 a	0,053 a	0,207 a	2,807 a	0,300 a	1,183 a
T9	4,87 a	09,02 a	0,147 b	0,297 a	2,917 a	0,266 a	1,433 a
T10	4,89 a	10,27 a	0,100 b	0,247 a	2,093 a	0,250 a	0,967 a
Média	5,03	10,69	0,1003	0,221	2,274	0,253	1,321
	Mg ⁺²	SB	CTC	V	M	MO	CO
	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	cmolc dm ⁻³	%	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
T1	0,917 a	2,593 a	3,970 a	65,315 a	9,840 a	25,89 a	15,02 a
T2	1,283 a	2,893 a	5,426 a	53,317 a	7,954 a	25,57 a	14,83 a
T3	1,533 a	3,390 a	5,316 a	63,751 a	4,238 a	26,61 a	15,44 a
T4	0,833 a	2,553 a	4,976 a	51,306 a	8,363 a	25,37 a	14,72 a
T5	1,117 a	2,704 a	4,134 a	65,409 a	10,493 a	27,02 a	15,72 a
T6	1,050 a	2,570 a	5,377 a	47,796 a	9,919 a	24,53 a	14,23 a
T7	1,067 a	2,893 a	5,316 a	54,421 a	6,466 a	25,18 a	14,60 a
T8	1,317 a	2,760 a	5,567 a	49,578 a	9,804 a	27,06 a	15,70 a
T9	1,100 a	2,977 a	5,894 a	50,509 a	8,202 a	26,87 a	15,58 a
T10	1,567 a	2,881 a	4,974 a	57,921 a	7,985 a	26,32 a	15,26 a
Média	1,178	2,821	5,093	59,52	8,835	26,04	15,11

T1: Testemunha; T2: Adubação Mineral; T3: Adubação Orgânica; T4: Inoculação; T5: Bioestimulante; T6: Inoculação e Adubação Mineral; T7: Inoculação e Adubação Orgânica; T8: Bioestimulante e Inoculação; T9: Bioestimulante e Adubação Mineral; T10: Bioestimulante e Adubação Orgânica.

4. CONCLUSÕES

1. A inoculação, a adubação orgânica e a adubação mineral + a inoculação, enquanto fontes nutricionais alternativas, resultaram em um maior acúmulo de P e K no solo ao final do experimento;
2. As adubações que permitiram um maior incremento na biomassa da fava foram a adubação mineral, a adubação orgânica, a adubação mineral + a inoculação, adubação orgânica combinada inoculação, adubação mineral + o bioestimulante e a adubação orgânica + o bioestimulante;
3. A adubação orgânica pode ser recomendada para compor o manejo nutricional da fava por promover o incremento na biomassa da cultura e conferir melhorias nos atributos químicos do solo através do P e do K após o cultivo.

5. REFERÊNCIAS

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ÁVILA, M. R.; ALBRECHT, A. P.; RICCI, T. T. Manejo de biorregulador nos componentes de produção e desempenho das plantas de soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.6, p.865-876, 2011.

ANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. Setor de Fertilizantes: Anuário Estatístico 2016. Consultada em 13 de dezembro de 2018 em: <http://anda.org.br/pdfs/INDICE-ANUARIO-2016.pdf>.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M.V.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v.5, n.1, p. 60-68 2003.

BARREIRO NETO, M.; FAGUNDES, R. A. A, BARBOSA, M. M., ARRIEL, N. H. C.; FRANCO, C. F. O.; SANTOS, J. F. Características morfológicas e produtivas em acessos de feijão-fava consorciados. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 9, n. 3, p. 23-27, 2015.

BETTIOL, W. **Leite de Vaca Cru para o Controle de Oídio**. Jaguariuna, n. 13, 2004, 3p.

BERTOLDO, J. G.; PELISSER, A.; SILVA, R. P.; FAVRETO, R.; DE OLIVEIRA, L. A. D. Alternativas na fertilização de feijão visando a reduzir a aplicação de N-ureia. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 3, p. 348-355, 2015.

BRADY, N.C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Porto Alegre: Bookman, v. 3, 2013. 704p.

BRASIL. Departamento de Ciências Atmosféricas da Universidade Federal de Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dca.ufcg.edu.br/clima/>> Acesso em: 26 set. 2019.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, 2004.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 92-129.

CORRÊA, R. M.; FREIRE, M. B. G. S.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, F. J.; PESSOA, L. G. M.; MIRANDA, M. A.; MELO, D. V. M. Atributos químicos de solos

- sob diferentes usos em perímetro irrigado no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 305-314, 2009.
- CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.1, p. 56–63, 2012.
- DANTAS, M. S. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. S.; SILVA, E. F. F.; PEDROSA, E. M. R.; DANTAS, D. C. Chemical Attributes of Soil Fertilized with Cassava Mill Wastewater and Cultivated with Sunflower. **The Scientific World Journal**, v. 2014, p. 01-10, 2014.
- DECHEN, A. R., NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 92-129.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Brasília, DF: Embrapa, v. 3, 2017. 573p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileira de classificação dos solos**. Brasília – DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA. **Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco** (2ª aproximação). Recife: v. 2, 2008. 198p.
- EPSTEIN, E. BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectiva**. 2 ed. Sunderland: Sinauaer Associates, 2005. 400 p.
- ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 375-470.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A.; SILVA, L. S.; FRARE, J. C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores da qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**, Marília, v. 26, n. 1-2, p. 08-25, 2017.
- GROHSKOOF, M. A. **Produção de feijão-fava em função de diferentes doses de adubação orgânica e mineral**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Botucatu - SP, 135p.
- GUOCHEN, K. P. et al. Greater root phosphatase activity in nitrogen-fixing rhizobial but not actinorhizal plants with declining phosphorus availability. **Journal of Ecology**, v. 105, p.1246–1255, 2017.
- LIMA, E. V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n.1, p.125-129, 2001.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; Oliveira, S. A. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 99-123.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MAPA - Ministério de Agricultura, Agropecuária e Abastecimento. **Extrato de alho e cebola no controle de insetos**. Consultado em 15 de junho de 2018 em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/25-extrato-de-alho-e-cebola-no-controle-de-insetos.pdf>.

MARQUES, R. Caracterização química da fertilidade do solo. In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico de recomendações de manejo do solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba, PR: UFPR, 2006. p. 99-123.

MELO, L. J. V. **Morfofisiologia e rendimento de fava sob diferentes condições de manejo cultural**. 2005. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande – PB, 166 p.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. A.; PÁDUA, T. R. P; PINHO, P. J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

MEURE, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 66-86.

PEREZ, K. S. S.; RAMOS, M. L. G.; MCMANUS, C. Carbono da biomassa microbiana em solo cultivado com soja sob diferentes sistemas de manejo nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 6, p. 567-573, 2004.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. 830 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, MG, 1999. 359p.

ROCHA, W. S. **Inoculação e doses de fósforo em feijão caupi no sul do estado de Tocantins**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins – UFT, Gurupi - TO, 2016.

ROCHA, W. S., DOS SANTOS, M. G., SAKAI, T. R. P., DA SILVA, T. A., FIDELIS, R. R., & DOS SANTOS, M. M. (2018). Acúmulo de biomassa em função de doses de

fósforo e inoculação de rizóbio em feijão-caupi. *Cultura Agronômica*, Ilha Solteira, **Revista de Ciências Agronômicas**, v. 27, n. 2, p. 273-286, 2018.

SANTOS, E. M. **Produção e qualidade da variedade local de feijão Gurgutuba em resposta a diferentes adubações**. 2016. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar) – Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras – PB, 104p.

SERRAT, B. M.; KRIEGER, K. I.; MOTTA, A. C. V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M. R. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo do solo**: aspectos teóricos e metodológicos. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006.

SOUSA, D. M.G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 133-204.

SILVA, A. G.; CAVALCANTE, A. C. P.; OLIVEIRA, D. S.; SILVA, M. J. R. Crescimento inicial de *Phaseolus lunatus* L. submetido a diferentes substratos orgânicos e aplicação foliar de urina de vaca. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Pato, PB, v. 11, n. 1, p. 131-135, 2015.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. p. 99-123.

SILVA, M. L. S.; TREVIZAM, A. R. Interações iônicas e seus efeitos na nutrição das plantas. **Informações agronômicas**, v. 49, p. 16, 2015.

SOBRAL, L. F. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, v. 6, 2017. 858 p.

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytol**, v. 157, p. 423-447, 2003.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; BARREIRO, A. P.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Adubação fosfatada, componentes de produção, produtividade e qualidade fisiológica em sementes de feijão. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, vol. 28, n. 1, p. 09-15, 2006.